

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2001 年 8 月 16 日 (16.08.2001)

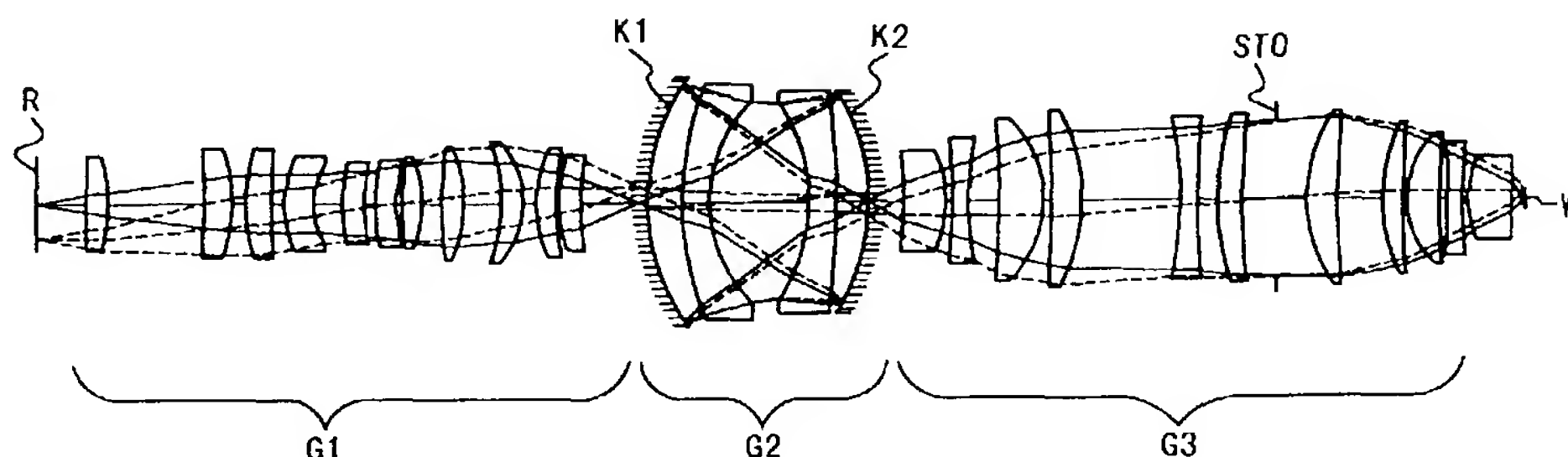
PCT

(10) 国際公開番号
WO 01/59502 A1

- (51) 国際特許分類⁷: **G02B 17/08**, H01L 21/027 (74) 代理人: 弁理士 志賀正武, 外(SHIGA, Masatake et al.); 〒169-8925 東京都新宿区高田馬場三丁目23番3号 ORビル Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/00912
- (22) 国際出願日: 2001 年 2 月 9 日 (09.02.2001) (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2000-31285 2000 年 2 月 9 日 (09.02.2000) JP (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 高橋友刀 (TAKAHASHI, Tomowaki) [JP/JP]. 御手洗潔 (MITARAI, Kiyoshi) [JP/JP]. 熊谷 悟 (KUMAGAI, Satoru) [JP/JP]. 塚本宏之 (TSUKAMOTO, Hiroyuki) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社 ニコン内 Tokyo (JP).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- 2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: REFLECTION/REFRACTION OPTICAL SYSTEM

(54) 発明の名称: 反射屈折光学系



(57) **Abstract:** A reflection/refraction optical system in which an effective stop installation portion is provided, a long-enough working distance is achieved, and as small a concave mirror as possible which is conventionally liable to be large. The system is characterized in that it includes, in the order from a first plane R toward a second plane W, a first image-forming optical system (G1) having a refracting lens, a second image-forming optical system (G2) having at least one concave lens and two reflecting mirrors, and a third image-forming optical system (G3) having a refracting lens, and in that the first image-forming optical lens (G1) forms a first intermediate image (IM1) of the first plane R, the second image-forming optical system (G2) forms a second intermediate image (IM2) by re-formation of the first intermediate image (IM1), and the third image-forming optical system (G3) re-forming the second intermediate image (IM2) on the second plane W.

[続葉有]



WO 01/59502 A1



(57) 要約:

有効な絞り設置部分を採用することができ、ワーキングデスタンスを充分採れ、大型になり勝ちな凹面鏡をできるだけ小さいもので構成することが可能な反射屈折光学系を提供する。

第1面Rより第2面W側へ順に、屈折レンズからなる第1結像光学系G1と、少なくとも1つの凹レンズと2つの反射鏡とを有する第2結像光学系G2と、屈折レンズからなる第3結像光学系G3と、を含み、前記第1結像光学系G1は、前記第1面Rの第1中間像IM1を形成し、前記第2結像光学系G2は、前記第1中間像IM1を再結像することで第2中間像IM2を形成し、前記第3結像光学G3系は、前記第2中間像IM2を前記第2面W上へ再結像することを特徴とする反射屈折光学系を提供する。

明細書

反射屈折光学系

技術分野

本発明は、反射屈折光学系に関し、特に、半導体の製造に用いられるステッパーなどの露光装置の反射屈折光学系に関するものである。より具体的には、紫外線波長域でのサブミクロン単位の分解能を有する 1 / 4 倍程度の走査型縮小露光装置の反射屈折縮小光学系に関するものである。

本出願は日本国特許出願平成 1 2 年第 0 3 1 2 8 5 号を基礎としており、その内容を本明細書に組み込む。

背景技術

近年、半導体の製造や半導体チップ実装基板の製造では、ますますラインアンドスペースの微細化が進んでおり、これらのパターンを焼き付ける露光装置は、より解像力の高いものが要求されてきている。

この要求を満足するためには、露光装置の光源の波長を短波長化し、かつ NA (光学系の開口数) を大きくしなければならない。しかしながら、波長が短くなると、光の吸収のため実用に耐える光学ガラスが限られてくる。

このような場合、屈折光学系だけで露光装置の投影光学系を構成したのでは、色収差補正がまったく不可能となる。従って、要求される解像力を達成するために投影光学系を屈折系のみで光学系を構成し、投影レンズを作ることは、非常に難しいものとなる。

これに対して、反射光学系のみで露光装置の投影光学系を構成することも試みられているが、この場合、投影光学系が大型化し、かつ反射面の非球面化が必要となる。高精度の反射非球面を多数用いることは、製作の面で極めて困難になる。

そこで反射光学系と使用波長に使える光学ガラスからなる屈折光学系とを組み

合せた、いわゆる反射屈折光学系が、色々提案されている。

その中で、投影光学系の光路の途中で少なくとも1回以上の中間結像を行なうタイプは、これまでに、様々なものが提案されているが、途中1回結像のみ行うのものに限定してみると、特公平5-25170号公報、特開昭63-163319号公報、特開平4-234722号公報、USP-4,779,966号に開示されたものが挙げられる。

上記従来技術の中で、凹面鏡を1枚だけ使用しているものは、特開平4-234722号公報及びUSP-4,779,966号に開示された光学系である。これらの光学系は、凹面鏡で構成される往復兼用光学系において、負レンズのみが採用されており、正のパワーの光学系が使われていない。そのため、光束が広がって凹面鏡に入射するため、凹面鏡の径が大きくなりがちであった。

また、特に、特開平4-234722号公報に開示された往復兼用光学系は、完全対称型であり、その光学系での収差発生を極力抑えて、後続の屈折光学系の収差補正負担を軽くしているが、対称光学系を採用しているため、第1面（レチクル又はマスク）側でのワーキングディスタンス（WD）が小さくなってしまう問題があった。

また、USP-4,779,966号に開示された光学系では、中間像よりも後方の第2結像光学系に凹面鏡を使用している。したがって、光学系の必要な明るさを確保するためには、光束が広がって凹面鏡に入射することになり、凹面鏡の小型化が困難なものであった。

また、複数の凹面鏡を使用するものでは、屈折光学系のレンズ枚数を削減できる可能性があるが、これらのタイプでは以下に示す問題があった。

すなわち、最近、焦点深度を稼ぎながら解像力を上げるため、照明光学系のNAと投影光学系のNAとの比 σ 値を可変にすることが行なわれている。この場合、照明光学系には開口絞りを設置することができるが、前記に挙げた反射屈折光学系を投影光学系に採用すると、有効な絞り設置部分が投影光学系中のどこにも採れないことになってしまう。

さらに、このような配置の往復光学系を縮小側の第2面（ウェハー又はプレート）側に採用するタイプの反射屈折光学系では、縮小倍率の関係から反射鏡で反射した

後、第2面までの距離が長く採れないため、この光路中に挿入される投影光学系のレンズ枚数がそう多く採れず、そのため得られる光学系の明るさは限られたものとならざるを得なかった。たとえ高NAの光学系が実現出来ても、限られた長さに多くの光学部材が挿入されるため、ウェハーと投影光学系の端面との距離、いわゆるワーキングディスタンス（WD）が長く採れない光学系となっていた。

また、以上のような従来の反射屈折光学系においては、光路の光軸を必ず途中で偏心させる必要があり、いわゆる偏心光学系となっていた。この偏心光学系の偏心部分の調整作業は、困難であり、なかなか高精度の光学系を実現することができなかった。

本発明では、以上の問題点に鑑み、有効な絞り設置部分を採ることができ、ワーキングデスタンスを充分採れ、大型になり勝ちな凹面鏡をできるだけ小さいもので構成することが可能な反射屈折光学系を提供することを目的とする。

発明の開示

本発明では、上記目的を達成するために、第1面Rより第2面W側へ順に、屈折レンズからなる第1結像光学系G1と、少なくとも1つの凹レンズと2つの反射鏡とを有する第2結像光学系G2と、屈折レンズからなる第3結像光学系G3と、を含み、前記第1結像光学系G1は、前記第1面Rの第1中間像IM1を形成し、前記第2結像光学系G2は、前記第1中間像IM1を再結像することで第2中間像IM2を形成し、前記第3結像光学G3系は、前記第2中間像IM2を前記第2面W上へ再結像することを特徴とする反射屈折光学系を提供する。

また、本発明では、この反射屈折光学系を用いた投影露光装置及び投影露光方法も提供する。

具体的には、光源と、光源からの光束を第1面R上に均一照射するための照明光学系と、第1面Rを第2面Wへ投影する前述の反射屈折光学系と、を含むことを特徴とする投影露光装置を提供する。

また、光源より照明光を放射し、照明光学系により照明光を第1面R上に均一照

射し、前述の反射屈折光学系を用いて第1面Rを第2面Wへ投影し、第2面Wの露光を行うことを特徴とする投影露光方法を提供する。

図面の簡単な説明

- 図1は、本発明による反射屈折光学系の原理図である。
- 図2は、第1実施例の反射屈折光学系の光路図である。
- 図3は、第1実施例のコマ収差図である。
- 図4は、第1実施例の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。
- 図5は、第2実施例の反射屈折光学系の光路図である。
- 図6は、第2実施例のコマ収差図である。
- 図7は、第2実施例の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。
- 図8は、第3実施例の反射屈折光学系の光路図である。
- 図9は、第3実施例のコマ収差図である。
- 図10は、第3実施例の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。
- 図11は、第4実施例の反射屈折光学系の光路図である。
- 図12は、第4実施例のコマ収差図である。
- 図13は、第4実施例の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。
- 図14は、第5実施例の反射屈折光学系の光路図である。
- 図15は、第5実施例のコマ収差図である。
- 図16は、第5実施例の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。
- 図17は、第6実施例の反射屈折光学系の光路図である。
- 図18は、第6実施例のコマ収差図である。
- 図19は、第6実施例の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。
- 図20は、第7実施例の反射屈折光学系の光路図である。
- 図21は、第7実施例のコマ収差図である。
- 図22は、第7実施例の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。
- 図23は、第8実施例の反射屈折光学系の光路図である。

図 2 4 は、第 8 実施例のコマ収差図である。

図 2 5 は、第 8 実施例の球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図である。

図 2 6 は、本発明による投影露光装置の図である。

図 2 7 は、本発明による投影露光方法の手順を示した図である。

発明を実施するための最良の形態

上述のような第 1 結像光学系 G 1 ～第 3 結像光学系 G 3 を採用することで、これらの結像光学系の光軸が 1 本の直線とになるように構成できる。

従って、本発明の反射屈折光学系によれば、いわゆる従来からの反射屈折光学系で問題となっていた、光軸が偏心しているために問題となる偏心光学系の偏心部分の調整作業が不要となり、高精度の光学系を実現することができる。

更に、反射屈折光学系で構成することにより、反射屈折光学系の特徴である色補正がなされるので、単一硝種による色補正が可能となる。

また更に、屈折光学系部分（第 1 結像光学系及び第 3 結像光学系）に正のパワーを含んでいるため、正の値になりがちなペッツバール和も、凹面鏡部分の負のペッツバール値により、相殺され、完全に 0 とすることができる。

もちろん、このような構成をとると、第 1 中間像 IM1 を第 1 凹面鏡 K 1 （2 つの凹面鏡のうち第 1 結像光学系 G 1 の近くに配置されている凹面鏡）の中心開口付近に結像させ、第 2 中間像を第 2 凹面鏡 K 2 （2 つの凹面鏡のうち第 3 結像光学系 G 3 の近くに配置されている凹面鏡）の中心開口付近に結像させ、各凹面鏡の中心開口を通して、光線光路を後方に導く必要がある。

このため、入射瞳には、中心遮蔽部が存在するが、中間像の大きさが、凹面鏡の大きさに比して小さく、また中間像の結像位置が、凹面鏡の位置に対して大きく離れていないため、入射瞳の大きさに対する中心遮蔽部の大きさ、いわゆる中心遮蔽率は僅かであり、結像性能に大きな影響を与えない。

また、本発明は、前記第 2 面側の開口数を NA0 とし、前記第 2 結像光学系の少なくとも 1 つの凹レンズの有効径を Φ とするとき、以下の条件を満足することが好ま

しい。

$$3 \times \Phi < 1000 \times \text{NAO}$$

この条件は、反射屈折光学系に使用される屈折レンズ及び反射鏡を小型化するための条件である。この条件を逸脱すると、屈折レンズ及び反射鏡の小型化が困難になる。

また、反射屈折光学系は、より高性能なものを得ようとするときは、21枚以上の屈折レンズから構成されることが好ましい。もし、23枚以上の屈折レンズから構成されるようにすれば、更に良い結果が得られる。

また、反射屈折光学系は、反射防止コートのパフォーマンスが上げにくい場合や硝材の透過率に問題がある場合は、20枚以下の屈折レンズから構成されることが好ましい。もし、18枚以下の屈折レンズから構成されるようにすれば、更に良い結果が得られる。

更に好ましい態様としては、前述の2つの反射鏡の間に開口を有したり、色収差を良好に補正するためには、前述の2つの反射鏡は、互いに凹面反射面を向かい合わせに配置された凹面鏡であることが好ましい。

また、第1結像光学系G1は、少なくとも、2つ以上の正レンズで構成され、第3結像光学系G3は、少なくとも2つ以上の正レンズで構成されることが好ましい。

更に、第1結像光学系G1または第3結像光学系G3に、少なくとも1つ以上の開口絞りを配置することが好ましい。また、第1結像光学系G1または第3結像光学系G3には、少なくとも1つ以上の中心遮蔽板を配置することが好ましい。このようにすることで、像質の改善を行うことが出来る。

また、反射屈折光学系は、非球面を少なくとも5面以上含むことが好ましい。非球面を用いることで、投影光学系の高性能化やレンズの枚数削減が達成できる。

更に、反射屈折光学系の屈折レンズを、すべて同一の硝材、特に、蛍石で構成することが好ましい。硝材としては、蛍石以外には、フッ素を添加した石英ガラスやフッ素化合物の結晶が考えられる。

また、2つの凹面鏡のうち、第1面側Rに近い方に配置されているものを第1凹

面鏡K 1 とし、第 2 面W側に近い方に配置されているものを第 2 凹面鏡K 2 とし、第 1 中間像 I M1 の位置から第 1 凹面鏡K 1 の位置までの距離を d 1、第 2 中間像 I M 2 の位置から第 2 凹面鏡K 2 の位置までの距離を d 2 とし、第 2 面W上の露光領域の直径を Φ_w とするとき、以下の条件を満足することが好ましい。

$$\begin{aligned} |d_1| &< \Phi_w \\ |d_2| &< \Phi_w \end{aligned}$$

d 1 に係る条件は、第 1 結像光学系 G 1 及び第 2 結像光学系 G 2 の適切な屈折力配分を規定するものであり、d 2 に係る条件は、第 2 結像光学系 G 2 及び第 3 結像光学系 G 3 の適切な屈折力配分を規定するものである。これら条件の範囲を逸脱すると、いずれかの結像光学系の屈折力が過大になり、良好な収差補正が困難になると同時に、凹面鏡の小型化が困難になる。

また、反射屈折光学系は、第 1 面R側、または第 2 面W側でテレセントリックな光学系であることが好ましい。

本発明による反射屈折光学系は、基本的には、図 1 に示すように、第 1 面Rより第 2 面W側へ順に、第 1 結像光学系 G 1、第 2 結像光学系 G 2 及び第 3 結像光学系 G 3 より構成されている。ここで、第 1 結像光学系 G 1 は、第 1 面Rの第 1 中間像 I M 1 を第 2 結像光学系 G 2 の付近に形成する。更に、第 2 結像光学系 G 2 は、第 1 中間像 I M 1 の再結像像である第 2 中間像 I M 2 を第 3 結像光学系 G 3 の付近に形成し、第 3 結像光学系 G 3 は、第 2 中間像 I M 2 を第 2 面W上に結像させる。

図 1 には、第 1 面R、第 1 中間像 I M 1、第 2 中間像 I M 2 及び第 2 面Wの結像関係による物体及び像の向きが、矢印を用いて示されている。また、図 1 には、本発明による反射屈折光学系を走査型投影露光装置に適用したときの、第 1 面R及び第 2 面W上での走査方向も示されている。第 1 面R及び第 2 面W上での走査方向は、それぞれ反対の方向となる。また、照明領域及び露光領域は、光軸を中心とする長方形形状である。尚、第 3 結像光学系 G 3 中には、開口絞り S T 0 が配置されている。

また、以下に示す各実施例では非球面を用いており、非球面形状を表す式は以下

の通りである。

$$z(y) = \frac{y^2 / r}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)y^2 / r^2}} + Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10}$$

y : 光軸からの高さ

z : 接平面から非球面までの光軸方向の距離

r : 頂点曲率半径

κ : 円錐係数

A, B, C, D: 非球面係数

更に、以下に示す各実施例の投影光学系は、全て蛍石によって構成されている。蛍石の屈折率は、波長 157 nm で 1.56000 である。

以下に、本発明による各実施例を示す。以下に示す表中で、CaF₂は蛍石を示し、REFは反射鏡を示し、STOは開口絞りを示している。

〔第1実施例〕

第1実施例による反射屈折光学系は、図2に示すように、第1面Rより第2面W側へ順に、第1結像光学系G1、第2結像光学系G2及び第3結像光学系G3より構成されている。第1結像光学系G1は、第1面R側より順に、3枚の正メニスカスレンズ、3枚の負メニスカスレンズ、2枚の正レンズ及び3枚の正メニスカスレンズにより構成され、第2結像光学系G2は、1枚の凹面鏡、2枚の負メニスカスレンズ及び1枚の凹面鏡によって構成されている。また、第3結像光学系G3は、1枚の正メニスカスレンズ、1枚の負レンズ、2枚の正メニスカスレンズ、1枚の負レンズ、4枚の正メニスカスレンズ、1枚の負レンズ及び1枚の正メニスカスレンズにより構成されている。

また、本実施例の反射屈折光学系は、縮小倍率が1/4倍、第2面W側の開口数 (NA) が 0.75、第1面R側の最大物体高が 37.44 mm、第2面W側の最大像高が 9.36 mm であり、第2面W上の露光サイズを 17.5 × 6.6 mm の矩形開口としてい

る。これにより、走査して露光を行うことで、全体の露光面積は 17.2×25 mmと
している。また、WDは、第1面R側で50.912830で、第2面W側で13.234625であ
る。

使用する凹面鏡の直径は、260.2 mm 以下、使用レンズの中で、2枚の最大のレ
ンズの有効径は 246.9 mm 以下であり、その他の大部分のレンズの有効径は183.5 mm
以下であり、通常このスペックで使用する屈折系球面光学系の使用レンズの有
効径よりも、かなり小さいものである。

凹面鏡の遮蔽部の光束に対する遮蔽率は NA 比で 19.5 % であり、結像性能に与
える影響は少なく、充分高性能を得ることができる。

屈折レンズ部は蛍石を使用し、紫外線 F2 エキシマレーザーの 157 nm の波長に
おける、半値幅 1 pm の色収差補正がなされている。

また、図3及び図4に示すように、球面収差、コマ収差、非点収差及び歪曲収差
ともほぼ無収差に近い状態まで良好に補正され、優れた性能の光学系を提供してい
る。

表 1

面番号	曲率半径	面間隔		
1	-3000.00000	20.777380	CaF2	G 1
	K : 0.000000			
	A : -.414199E-07 B : 0.101382E-11			
	C : -.507220E-17 D : 0.410909E-20			
2	-187.15560	92.403460		
3	-558.99669	25.971725	CaF2	
4	-210.93675	15.861605		
5	263.61227	25.971725	CaF2	
6	1257.90730	13.379506		
	K : 0.000000			

A : -3.55346×10^{-7} B : 0.293775×10^{-11}
C : 0.514678×10^{-17} D : 0.170581×10^{-19}

7	150.00000	29.526565	CaF2
8	94.28503	30.499818	
9	420.59234	20.800000	CaF2
10	141.55197	13.169057	

K : 0.000000

A : -1.37576×10^{-6} B : -4.30519×10^{-10}
C : 0.994337×10^{-14} D : -4.68002×10^{-17}

11	522.48173	20.722934	CaF2
12	155.53167	6.108278	
13	1055.46476	17.359120	CaF2
14	-130.14083	22.492621	
15	671.87155	21.568896	CaF2
16	-160.00000	37.130352	
17	-225.56184	20.677950	CaF2

K : 0.000000

A : -1.44554×10^{-6} B : 0.106034×10^{-10}
C : -9.46352×10^{-15} D : 0.959437×10^{-20}

18	-101.07298	14.929386	
19	156.60829	20.000000	CaF2
20	241.09685	3.949536	
21	191.75976	20.777380	CaF2
22	480.17990	3.469721	
23	127.28576	33.411885	CaF2
24	-1587.54253	29.129562	

K : 0.000000

A : 0.223492E-06 B : 0.383833E-11
C : -.194220E-14 D : 0.106429E-17
25 238.26996 35.886388 仮想面
26 376.45128 25.609160 CaF2 G 2
27 150.58157 97.992889
K : 0.000000
A : -.161976E-07 B : -.584652E-12
C : -.193271E-16 D : -.650552E-21
28 -194.22167 25.609160 CaF2
K : 0.000000
A : 0.132322E-07 B : 0.673254E-12
C : 0.256289E-16 D : 0.413237E-21
29 -1120.36909 31.786896
30 -246.29797 -31.786896 REF
31 -1120.36909 -25.609160 CaF2
32 -194.22167 -97.992889
K : 0.000000
A : 0.132322E-07 B : 0.673254E-12
C : 0.256289E-16 D : 0.413237E-21
33 150.58157 -25.609160 CaF2
K : 0.000000
A : -.161976E-07 B : -.584652E-12
C : -.193271E-16 D : -.650552E-21
34 376.45128 -35.886388
35 238.26996 35.886388 REF
36 376.45128 25.609160 CaF2
37 150.58157 97.992889

K : 0.000000
 A : -1.161976×10^{-7} B : $-5.584652 \times 10^{-12}$
 C : $-1.193271 \times 10^{-16}$ D : $-6.650552 \times 10^{-21}$
 38 -194.22167 25.609160 CaF2
 K : 0.000000
 A : 0.132322×10^{-7} B : 0.673254×10^{-12}
 C : 0.256289×10^{-16} D : 0.413237×10^{-21}
 39 -1120.36909 31.786896
 40 -246.29797 31.010448 仮想面
 41 -3000.00000 43.702739 CaF2 G 3
 K : 0.000000
 A : -2.41471×10^{-6} B : -1.89700×10^{-10}
 C : 0.150133×10^{-14} D : $-6.600549 \times 10^{-18}$
 42 -126.02993 5.832116
 43 -506.82326 18.699642 CaF2
 44 619.13207 26.763769
 45 -1377.00220 44.048046 CaF2
 K : 0.000000
 A : -5.502983×10^{-7} B : 0.363010×10^{-11}
 C : $-1.133698 \times 10^{-16}$ D : -2.78297×10^{-20}
 46 -126.12121 5.581666
 47 -3000.00000 31.166070 CaF2
 48 -211.50805 101.102525
 49 -404.56272 18.699642 CaF2
 50 3000.00000 18.000000
 51 321.09183 25.000000 CaF2
 52 3000.00000 31.200000

K : 0.000000
 A : 0.262291E-07 B : 0.174496E-11
 C : 0.726166E-16 D : -.125632E-20
 53 ∞ 32.963838 ST0
 54 179.49045 30.535668 CaF2
 55 3000.00000 42.026705
 56 228.90738 20.198128 CaF2
 57 3000.00000 1.123733
 K : 0.000000
 A : 0.118587E-07 B : -.220599E-11
 C : 0.904169E-16 D : -.814939E-20
 58 100.73952 33.183232 CaF2
 59 1100.00000 6.964116
 60 -2754.43020 15.000000 CaF2
 K : 0.000000
 A : -.182017E-07 B : -.884609E-11
 C : 0.715263E-15 D : -.161609E-19
 61 493.21390 6.009195
 62 164.38322 40.068312 CaF2
 63 2793.72651 13.234625

[第2実施例]

第2実施例による投影光学系は、図5に示すように、第1面Rより第2面W側へ順に、第1結像光学系G1、第2結像光学系G2及び第3結像光学系G3より構成されている。第1結像光学系G1は、第1面R側より順に、3枚の正メニスカスレンズ、3枚の負メニスカスレンズ、2枚の正レンズ、1枚の負メニスカスレンズ、2枚の正メニスカスレンズ、により構成され、第2結像光学系G2は、1枚の凹面鏡、2枚の負メニスカスレンズ及び1枚の凹面鏡によって構成される。第3結像光

学系 G 3 は、1 枚の正メニスカスレンズ、1 枚の負レンズ、2 枚の正メニスカスレンズ、1 枚の負レンズ、4 枚の正メニスカスレンズ、1 枚の負レンズ及び 1 枚の正メニスカスレンズにより構成される。

また、本実施例の反射屈折光学系は、縮小倍率が $1/4$ 倍、第 2 面 W 側の開口数 (NA) が 0.75、第 1 面 R 側の最大物体高が 37.44 mm、第 2 面 W 側の最大像高が 9.36 mm であり、第 2 面 W 上の露光サイズは 17.5×6.6 mm の矩形開口としている。これにより、走査して露光し、全体の露光面積は 17.2×25 mm²としている。また、WD は、第 1 面 R 側で 50.000000 で、第 2 面 W 側で 12.335033 である。

使用する凹面鏡の直径は、251.2 mm 以下、使用レンズの中で、2 枚の最大のレンズの有効径は 238.4 mm 以下であり、その他の大部分のレンズの有効径は 187 mm 以下であり、通常のこのスペックで使用する屈折系球面光学系の使用レンズの有効径よりも、かなり小さいものである。

凹面鏡の遮蔽部の光束に対する遮蔽率は NA 比で 19.5 % であり、結像性能に与える影響は少なく、充分高性能を得ることができる。

屈折レンズ部は蛍石を使用し、紫外線エキシマレーザーの 157 nm の波長における、半値幅 1.0 pm の色収差補正がなされている。

また、図 6 及び図 7 に示すように、球面収差、コマ収差、非点収差及び歪曲収差ともほぼ無収差に近い状態まで良好に補正され、優れた性能の光学系を提供している。

表 2

面番号	曲率半径	面間隔		
1	-3000.00000	22.000000	CaF ₂	G 1
	K : 0.000000			
	A : -3.75155×10^{-7}		B : 0.129267×10^{-11}	
	C : -1.29447×10^{-16}		D : 0.274885×10^{-20}	
2	-218.25882	41.898836		

3	-3000.00000	25.000000	CaF2
4	-265.75937	86.054775	
5	300.00000	22.000000	CaF2
6	3000.00000	11.507785	
K : 0.000000			
A : -.102302E-06 B : 0.102917E-10			
C : -.714527E-15 D : 0.909317E-19			
7	150.00000	27.000000	CaF2
8	71.75645	16.962700	
9	200.00000	20.000000	CaF2
10	122.85291	15.439142	
K : 0.000000			
A : -.378318E-06 B : -.498418E-10			
C : -.128598E-14 D : -.199685E-17			
11	146.25968	30.000000	CaF2
12	139.83639	10.118498	
13	460.91251	28.000000	CaF2
14	-181.83259	1.474583	
15	379.98094	30.000000	CaF2
16	-160.00000	7.912058	
17	-123.03514	28.000000	CaF2
K : 0.000000			
A : -.208938E-06 B : 0.209050E-10			
C : -.124108E-14 D : 0.352951E-19			
18	-120.00000	23.793826	
19	154.53035	26.413867	CaF2
20	3000.00000	18.842245	

21	219.08880	20.627044	CaF2	
22	3000.00000	1.000000		
23	115.34399	30.000000	CaF2	
24	630.12023	26.907782		
	K : 0.000000			
	A : 0.381003E-06 B : -.408725E-12			
	C : 0.342442E-14 D : 0.111847E-17			
25	232.62900	35.099236	仮想面	
26	373.56551	24.500000	CaF2	G 2
27	145.71717	94.548398		
	K : 0.000000			
	A : -.217437E-07 B : -.764297E-12			
	C : -.243829E-16 D : -.748680E-21			
28	-190.41916	24.500000	CaF2	
	K : 0.000000			
	A : 0.124614E-07 B : 0.604420E-12			
	C : 0.282232E-16 D : 0.819848E-21			
29	-943.98312	30.366264		
30	-236.54732	-30.366264	REF	
31	-943.88312	-24.500000	CaF2	
32	-190.41916	-94.546398		
	K : 0.000000			
	A : 0.124614E-07 B : 0.604420E-12			
	C : 0.282232E-16 D : 0.819849E-21			
33	145.71717	-24.500000	CaF2	
	K : 0.000000			
	A : -.217437E-07 B : -.764297E-12			

C : -2.43829×10^{-16} D : -7.48680×10^{-21}
 34 373.56551 -35.099236
 35 232.62900 35.099236 REF
 36 373.56551 24.500000 CaF2
 37 145.71717 94.548398
 K : 0.000000
 A : -2.17437×10^{-7} B : -7.64297×10^{-12}
 C : -2.43829×10^{-16} D : -7.49680×10^{-21}
 38 -190.41916 24.500000 CaF2
 K : 0.000000
 A : 0.124514×10^{-7} B : 0.604420×10^{-12}
 C : 0.282232×10^{-16} D : 0.819848×10^{-21}
 39 -943.88312 30.366264
 40 -236.54732 33.729741 仮想面
 41 -450.36737 41.135626 CaF2 G 3
 K : 0.000000
 A : -4.32734×10^{-6} B : -2.32778×10^{-10}
 C : -1.10038×10^{-14} D : -1.85850×10^{-17}
 42 -88.82504 13.515170
 43 -770.53251 24.997527 CaF2
 44 313.49776 24.914648
 45 -1500.00000 36.582629 CaF2
 K : 0.000000
 A : -2.27670×10^{-7} B : 0.511173×10^{-11}
 C : -1.42371×10^{-15} D : 0.782866×10^{-21}
 46 -136.02375 1.001269
 47 -3000.00000 34.147454 CaF2

48	-172.27507	80.378735	
49	-298.04283	26.000000	CaF2
50	900.11429	18.000000	
51	216.17422	26.986309	CaF2
52	1840.88546	29.082204	
	K : 0.000000		
	A : 0.305762E-07 B : 0.350662E-11		
	C : -.150807E-16 D : 0.100764E-20		
53	INFINITY	32.814087	STO
54	183.92572	27.075959	CaF2
55	2999.93355	40.709071	
56	199.36289	21.746889	CaF2
57	3000.00000	1.000299	
	K : 0.000000		
	A : 0.334340E-08 B : -.123754E-11		
	C : 0.220160E-15 D : -.245539E-19		
58	107.10593	31.458160	CaF2
59	1100.00000	5.646428	
60	-23185.44979	15.000165	CaF2
	K : 0.000000		
	A : 0.165825E-07 B : -.600208E-11		
	C : -.104560E-14 D : 0.976604E-19		
61	678.36633	3.108222	
62	172.06068	38.667335	CaF2
63	2689.20000	12.335033	

[第3実施例]

第3実施例による反射屈折光学系は、図8に示すように、第1面Rより第2面W

側へ順に、第1結像光学系G1、第2結像光学系G2及び第3結像光学系G3より構成されている。第1結像光学系G1は、第1面R側より順に、1枚の負メニスカスレンズ、1枚の正レンズ、3枚の正メニスカスレンズ、1枚の負レンズ、2枚の正メニスカスレンズ、2枚の正レンズ及び2枚の正メニスカスレンズにより構成され、第2結像光学系G2は、1枚の凹面鏡、2枚の負メニスカスレンズ及び1枚の凹面鏡によって構成される。第3結像光学系G3は、1枚の正レンズ、1枚の負レンズ、1枚の正メニスカスレンズ、1枚の正レンズ、1枚の正メニスカスレンズ、1枚の負メニスカスレンズ、4枚の正メニスカスレンズ、1枚の正レンズ、1枚の負メニスカスレンズ及び1枚の正メニスカスレンズにより構成される。

また、本実施例の反射屈折光学系は、縮小倍率が1/4倍、第2面W側の開口数NAが0.75、第1面R側の最大物体高が52.8 mm、第2面W側の最大像高が13.2 mmであり、第2面W上の露光サイズは25 × 8.8 mmの矩形開口としている。これにより、走査して露光し、全体の露光面積は25 × 33 mmとしている。また、WDは、第1面R側で72.734695で、第2面W側で17.227255である。

使用する凹面鏡の直径は、260 mm以下、使用レンズの中で、2枚の最大のレンズの有効径は259 mm以下であり、その他の大部分のレンズの有効径は188 mm以下であり、通常のこのスペックで使用される屈折系球面光学系の使用レンズの有効径よりも、かなり小さいものである。

凹面鏡の遮蔽部の光束に対する遮蔽率はNA比で20%であり、結像性能に与える影響は少なく、充分高性能を得ることができる。

屈折レンズ部は蛍石を使用し、紫外線F2エキシマレーザーの157 nmの波長における、半値幅2pmの色収差補正がなされている。

また、図9及び図10に示すように、球面収差、コマ収差、非点収差及び歪曲収差ともほぼ無収差に近い状態まで良好に補正され、優れた性能の光学系を提供している。

面番号	曲率半径	面間隔		
1	-136.00000	15.000000	CaF2	G 1
	K : 0.000000			
	A : 0.998050E-08 B : 0.510653E-12			
	C : 0.153012E-16 D : -.217171E-21			
2	-280.24011	12.367879		
3	824.65854	25.000000	CaF2	
4	-630.63185	29.306996		
5	367.00000	30.000000	CaF2	
6	3369.70734	49.355231		
7	185.29178	30.000000	CaF2	
8	765.47740	105.549042		
9	87.12316	25.000000	CaF2	
10	212.44581	19.990367		
	K : 0.000000			
	A : 0.138348E-06 B : -.918315E-11			
	C : 0.674753E-16 D : -.616258E-19			
11	1191.07265	15.000000	CaF2	
	K : 0.000000			
	A : -.504421E-07 B : -.198646E-10			
	C : 0.356131E-14 D : -.188067E-18			
12	72.65953	9.441689		
13	94.32523	15.000000	CaF2	
14	135.06748	56.976866		
	K : 0.000000			
	A : -.593887E-07 B : -.549307E-12			
	C : 0.331050E-14 D : 0.838079E-18			

15	-68.56232	20.000000	CaF2	
16	-70.74293	41.134534		
17	567.87517	25.000000	CaF2	
18	-194.21146	10.854699		
19	210.32584	30.000000	CaF2	
20	-387.06333	5.932971		
21	163.81379	35.000000	CaF2	
22	1102.33199	1.887552		
	K : 0.000000			
	A : 0.158223E-06 B : -.539232E-11			
	C : 0.714678E-15 D : -.255633E-19			
23	140.36912	31.500000	CaF2	
24	794.90624	25.500189		
25	220.90770	36.833447	仮想面	
26	1036.33936	22.500000	CaF2	G 2
27	188.66330	94.552939		
	K : 0.000000			
	A : -.256120E-07 B : -.895159E-12			
	C : -.185484E-16 D : -.417720E-21			
28	-240.79096	22.500000	CaF2	
	K : 0.000000			
	A : 0.681221E-08 B : 0.421447E-12			
	C : 0.378121E-17 D : 0.191012E-21			
29	-1024.32842	24.739484		
30	-258.87707	-24.739484	REF	
31	-1024.32842	-22.500000	CaF2	
32	-240.79096	-94.552939		

K : 0.000000
A : 0.681221E-08 B : 0.421447E-12
C : 0.378121E-17 D : 0.191012E-21
33 188.66330 -22.500000 CaF2
K : 0.000000
A : -.256120E-07 B : -.895159E-12
C : -.185484E-16 D : -.417720E-21
34 1036.33936 -36.833447
35 220.90770 36.833447 REF
36 1036.33936 22.500000 CaF2
37 188.66330 94.552939
K : 0.000000
A : -.256120E-07 B : -.895159E-12
C : -.185484E-16 D : -.417720E-21
38 -240.79096 22.500000 CaF2
K : 0.000000
A : 0.681221E-08 B : 0.421447E-12
C : 0.378121E-17 D : 0.191012E-21
39 -1024.32842 24.739484
40 -258.87707 25.486063 仮想面
41 407.25535 38.190207 CaF2 G 3
42 -80.77131 0.450000
43 -90.03715 13.500000 CaF2
44 -3749.47527 11.431836
K : 0.000000
A : 0.179888E-06 B : -.100180E-10
C : 0.237530E-15 D : 0.234800E-19

45	-291.30723	31.500000	CaF2
46	-124.47270	1.000000	
47	5459.35859	30.000000	CaF2
48	-163.05643	5.294325	
49	222.08501	25.000000	CaF2
50	716.62325	34.856987	
51	312.84462	20.000000	CaF2
52	177.99457	63.231363	
K : 0.000000			
A : -.466258E-08 B : -.914422E-12			
C : -.675449E-16 D : -.116707E-19			
53	INFINITY	5.402395	STO
54	-2973.63249	22.000000	CaF2
K : 0.000000			
A : -.453537E-07 B : -.219781E-11			
C : -.217836E-16 D : -.114821E-19			
55	-271.60238	10.649559	
56	354.26180	25.000000	CaF2
57	1836.70641	14.394551	
58	207.77139	25.000000	CaF2
59	900.82951	2.823201	
60	129.59272	30.000000	CaF2
61	209.83508	0.090000	
62	109.82374	36.402419	CaF2
63	-1410.86181	11.758388	
K : 0.000000			
A : 0.738536E-07 B : 0.186966E-11			

C : -2.17836×10^{-16} D : $-1.114821 \times 10^{-19}$
 64 -257.15288 13.500000 CaF2
 K : 0.000000
 A : 0.160993×10^{-6} B : -2.41393×10^{-10}
 C : 0.214179×10^{-14} D : -7.51863×10^{-19}
 65 -1000.00000 10.984355
 66 135.64836 24.135094 CaF2
 67 2954.96641 17.227255

[第4実施例]

第4実施例による反射屈折光学系は、図11に示すように、第1面Rより第2面W側へ順に、第1結像光学系G1、第2結像光学系G2及び第3結像光学系G3より構成されている。第1結像光学系G1は、第1面R側より順に、3枚の正メニスカスレンズ、1枚の負メニスカスレンズ、1枚の負レンズ、1枚の正メニスカスレンズ、2枚の正レンズ、1枚の正メニスカスレンズ、1枚の正レンズ及び1枚の正メニスカスレンズで構成され、第2結像光学系G2は、互いに対称形に向かい合って配置された2枚の凹面鏡と2枚の負メニスカスレンズとで構成されている。第3結像光学系G3は、1枚の正メニスカスレンズ、1枚の凹レンズ、2枚の正メニスカスレンズ、1枚の負メニスカスレンズ、4枚の正メニスカスレンズ、1枚の負レンズ及び1枚の正メニスカスレンズから構成されている。

また本実施例の反射屈折光学系は、縮小倍率が1/4倍、第2面W側の開口数NAが0.75、第1面R側の最大物体高が52.8 mm、第2面W側の最大像高が13.2mmであり、第2面W上の露光サイズは25.0 × 8.8 mmの矩形開口としている。これにより、走査して露光し、全体の露光面積は25.0 × 33 mmとしている。また、WDは、第1面R側で78.864226で、第2面W側で12.628525である。

使用する凹面鏡の直径は、265 mm以下、使用レンズの中で、2枚の最大のレンズの有効径は260 mm以下であり、その他の大部分のレンズの有効径は183 mm以下であり、通常のこのスペックで使用する屈折系球面光学系の使用レンズの有効

径よりも、かなり小さいものである。

凹面鏡の遮蔽部の光束に対する遮蔽率は NA 比で 20 % であり、結像性能に与える影響は少なく、充分高性能を得ることができる。

屈折レンズ部は蛍石を使用し、紫外線エキシマレーザーの 157 nm の波長における、半値幅 2.0 pm の色収差補正がなされている。

また、図 1 2 及び 1 3 に示すように、球面収差、コマ収差、非点収差及び歪曲収差ともほぼ無収差に近い状態まで良好に補正され、優れた性能の光学系を提供している。

表 4

面番号	曲率半径	面間隔		
1	-3000.00000	22.075897	CaF2	G 1
	K : 0.000000			
	A : -.654529E-07		B : -.199200E-11	
	C : -.674789E-16		D : -.342457E-20	
2	-386.80140	52.772690		
3	-373.50991	27.882563	CaF2	
4	-156.04363	100.139573		
5	-3000.00000	35.000000	CaF2	
	K : 0.000000			
	A : 0.530589E-08		B : 0.169821E-11	
	C : -.942769E-16		D : 0.409411E-21	
6	-229.11836	1.000000		
7	88.82633	50.737308	CaF2	
8	65.21188	45.509130		
9	-108.82430	23.450398	CaF2	
	K : 0.000000			

A : 0.175350E-06 B : -.856906E-10
C : -.429246E-14 D : -.605392E-17
10 203.63293 11.655063
11 -551.03477 33.602568 CaF2
K : 0.000000
A : 0.118387E-07 B : 0.237898E-10
C : 0.111043E-14 D : 0.215322E-18
12 -164.99352 2.635484
13 667.48114 24.272368 CaF2
14 -193.46399 1.000000
15 289.74866 24.935445 CaF2
16 -381.75231 44.452566
17 247.33191 25.000000 CaF2
18 3000.00000 1.000000
19 200.29926 22.917449 CaF2
20 -392.65115 1.000000
K : 0.000000
A : 0.606561E-07 B : 0.363580E-11
C : -.413279E-15 D : 0.280145E-19
21 106.20173 37.259044 CaF2
22 146.31984 29.623795
K : 0.000000
A : 0.306973E-06 B : -.757118E-11
C : 0.420689E-14 D : -.610258E-19
23 228.48364 39.634833 仮想面
24 963.69544 24.750000 CaF2 G 2
25 189.59124 99.636094

K : 0.000000
A : $-.252659\text{E}-07$ B : $-.830414\text{E}-12$
C : $-.175740\text{E}-16$ D : $-.268579\text{E}-21$
26 -297.63016 24.750000 CaF2
K : 0.000000
A : $0.546102\text{E}-08$ B : $0.289886\text{E}-12$
C : $0.177975\text{E}-17$ D : $0.119389\text{E}-21$
27 -2160.94390 24.864215
28 -281.20741 -24.854215 REF
29 -2160.94390 -24.750000 CaF2
30 -297.63016 -99.636094
K : 0.000000
A : $0.546102\text{E}-08$ B : $0.289886\text{E}-12$
C : $0.177975\text{E}-17$ D : $0.119388\text{E}-21$
31 189.59124 -24.750000 CaF2
K : 0.000000
A : $-.252659\text{E}-07$ B : $-.830414\text{E}-12$
C : $-.176740\text{E}-16$ D : $-.268579\text{E}-21$
32 963.69544 -39.634833
33 228.49364 39.634833 REF
34 963.69544 24.750000 CaF2
35 189.59124 99.636094
K : 0.000000
A : $-.252659\text{E}-07$ B : $-.830414\text{E}-12$
C : $-.176740\text{E}-16$ D : $-.268579\text{E}-21$
36 -297.63016 24.750000 CaF2
K : 0.000000

A : 0.546102E-08 B : 0.289886E-12
 C : 0.177975E-17 D : 0.119388E-21
 37 -2160.94390 24.864215
 38 -281.20741 31.125800 仮想面
 39 -3000.00000 35.472862 CaF2 G 3
 K : 0.000000
 A : -.170069E-06 B : 0.674464E-11
 C : 0.186386E-14 D : 0.143709E-18
 40 -92.54829 3.008806
 41 -249.24892 24.585174 CaF2
 42 4651.12185 19.289496
 43 -1377.18462 30.000000 CaF2
 K : 0.000000
 A : -.548419E-07 B : 0.426591E-12
 C : 0.201460E-15 D : -.141841E-19
 44 -137.02413 1.000000
 45 -529.67962 41.532614 CaF2
 46 -178.30383 32.564995
 47 1120.95257 20.000000 CaF2
 48 950.03072 33.000000
 49 243.45289 20.000000 CaF2
 50 817.22813 43.500000
 K : 0.000000
 A : 0.114940E-07 B : 0.694313E-12
 C : -.162058E-16 D : -.112537E-20
 51 INFINITY 14.493571 STO
 52 259.52152 30.000000 CaF2

53	1200.60898	30.738619	
54	120.15502	25.979031	CaF2
55	338.49381	3.701219	
K : 0.000000			
A : 0.433295E-07 B : -.118741E-11			
C : -.719231E-16 D : -.375588E-20			
56	101.37860	32.225269	CaF2
57	1768.45447	9.504206	
58	-297.45709	15.890847	CaF2
K : 0.000000			
A : 0.171643E-07 B : 0.316707E-11			
C : -.333732E-15 D : 0.112876E-19			
59	274.59785	8.773853	
60	74.77999	40.562463	CaF2
61	2700.00000	12.629525	

[第5実施例]

第5実施例による反射屈折光学系は、図14に示すように、第1面Rより第2面W側へ順に、第1結像光学系G1、第2結像光学系G2及び第3結像光学系G3より構成されている。第1結像光学系G1は、第1面R側より順に、1枚の正メニスカスレンズ、1枚の正レンズ、1枚の負メニスカスレンズ、1枚の負レンズ、2枚の正メニスカスレンズ2枚の正レンズ及び1枚の凹メニスカスレンズにより構成され、第2結像光学系G2は、1枚の凹面鏡、2枚の負メニスカスレンズ、1枚の凹面鏡によって構成されている。第3結像光学系G3は、2枚の正レンズ、1枚の負メニスカスレンズ、1枚の正メニスカスレンズ、1枚の正レンズ、1枚の正レンズ、1枚の正メニスカスレンズ、1枚の負メニスカスレンズ、2枚の正レンズ1枚の負メニスカスレンズ、1枚の正メニスカスレンズ及び1枚の負メニスカスレンズにより構成されている。

また、本実施例の反射屈折光学系は、縮小倍率が1/4倍、第2面W側の開口数NAが0.75、第1面R側の最大物体高が52.8 mm、第2面W側の最大像高が13.2 mmであり、第2面W上の露光サイズは25 × 8.8 mmの矩形開口としている。これにより、走査して露光し、全体の露光面積は25 × 8.8 mmとしている。また、WDは、第1面R側で110.490999で、第2面W側で13.000594である。

使用する凹面鏡の直径は、313 mm以下、使用レンズの中で、2枚の最大のレンズの有効径は308 mm以下であり、その他の大部分のレンズの有効径は195 mm以下であり、通常のこのスペックで使用する屈折系球面光学系の使用レンズの有効径よりも、かなり小さいものである。

凹面鏡の遮蔽部の光束に対する遮蔽率はNA比で23%であり、結像性能に与える影響は少なく、充分高性能を得ることができる。

屈折レンズ部は蛍石を使用し、紫外線エキシマレーザーの157 nmの波長における、半値幅2pmの色収差補正がなされている。

また、図15及び図16に示すように、球面収差、コマ収差、非点収差及び歪曲収差ともほぼ無収差に近い状態まで良好に補正され、優れた性能の光学系を提供している。

表5

面番号	曲率半径	面間隔		
1	159.32095	25.651285	CaF2	G 1
	K : 0.000000			
	A : -.324889E-07 B : -.524220E-12			
	C : -.273309E-16 D : -.138335E-20			
2	2637.91245	142.138736		
3	151.60085	26.901202	CaF2	
4	-509.70443	1.877036		
5	74.09675	20.000000	CaF2	

6	57.88708	35.542620		
	K : 0.000000			
	A : $-3.63303E-07$	B : $-4.10027E-11$		
	C : $-4.15849E-15$	D : $-2.86718E-18$		
7	-159.68008	15.000000	CaF2	
8	253.42748	13.780501		
9	-82.56455	30.000000	CaF2	
10	-70.90308	1.002904		
11	-122.61288	25.494319	CaF2	
	K : 0.000000			
	A : $-1.14773E-06$	B : $0.234099E-12$		
	C : $0.000000E+00$	D : $0.000000E+00$		
12	-87.46332	24.956992		
13	301.65849	28.809544	CaF2	
14	-170.13474	16.440815		
15	145.40564	24.000000	CaF2	
16	-373.48587	1.115491		
17	-523.17400	20.611851	CaF2	
	K : 0.000000			
	A : $-1.58656E-06$	B : $0.146192E-11$		
	C : $0.214154E-15$	D : $0.937835E-20$		
18	-202.52624	37.489392		
19	252.45443	40.015913	仮想面	
20	603.99618	32.760000	CaF2	G 2
21	181.82657	114.201884		
	K : 0.000000			
	A : $-6.61884E-08$	B : $-1.57014E-12$		

C : -4.24640×10^{-17} D : -9.69518×10^{-22}

22 -391.73360 32.760000 CaF2

K : 0.000000

A : 0.755172×10^{-8} B : 0.392267×10^{-12}

C : -2.66238×10^{-17} D : 0.240423×10^{-21}

23 -2749.75395 25.587922

24 -336.43406 -25.587922 REF

25 -2749.75395 -32.760000 CaF2

26 -391.73360 -114.201884

K : 0.000000

A : 0.755172×10^{-8} B : 0.392267×10^{-12}

C : -2.66238×10^{-17} D : 0.240423×10^{-21}

27 181.82657 -32.760000 CaF2

K : 0.000000

A : -6.61884×10^{-8} B : -1.57014×10^{-12}

C : -4.24640×10^{-17} D : -9.69518×10^{-22}

28 603.99618 -40.015913

29 252.45443 40.015913 REF

30 603.99618 32.760000 CaF2

31 181.82657 114.201884

K : 0.000000

A : -6.61884×10^{-8} B : -1.57014×10^{-12}

C : -4.24640×10^{-17} D : -9.69518×10^{-22}

32 -391.73360 32.760000 CaF2

K : 0.000000

A : 0.755172×10^{-8} B : 0.392267×10^{-12}

C : -2.66238×10^{-17} D : 0.240423×10^{-21}

33	-2749.75395	25.587922		
34	-336.43406	49.838460	仮想面	
35	1308.14256	46.908205	CaF2	G 3
36	-112.91207	0.105000		
37	883.24052	24.634955	CaF2	
K : 0.000000				
A : 0.387616E-07 B : -.722739E-12				
C : 0.000000E+00 D : 0.000000E+00				
38	-268.61897	24.352635		
39	-123.37878	23.091666	CaF2	
K : 0.000000				
A : -.113961E-07 B : -.829904E-12				
C : -.109157E-15 D : 0.111881E-19				
40	-155.86771	4.500328		
41	-175.08486	37.019514	CaF2	
42	-165.09586	45.158201		
43	482.86459	28.000000	CaF2	
K : 0.000000				
A : -.290230E-07 B : -.705594E-12				
C : 0.192470E-16 D : -.161860E-20				
44	-641.27266	2.000000		
45	159.16489	30.594294	CaF2	
46	230.38434	18.397751		
47	INFINITY	23.694245	STO	
48	-188.33920	29.071155	CaF2	
K : 0.000000				
A : -.189293E-07 B : 0.457084E-12				

C : $-7.708602 \times 10^{-16}$ D : 0.313415×10^{-20}
 49 -242.44891 78.739019
 50 172.47421 39.841080 CaF2
 K : 0.000000
 A : -3.94487×10^{-7} B : -4.42516×10^{-12}
 C : -3.96969×10^{-16} D : 0.575958×10^{-21}
 51 -883.24052 2.195912
 52 737.47989 28.000000 CaF2
 53 -1302.38891 1.112464
 54 117.94897 37.991002 GaF2
 55 85.68253 1.000000
 K : 0.000000
 A : -1.23733×10^{-6} B : $-1.140293 \times 10^{-10}$
 C : -1.64551×10^{-14} D : -2.38378×10^{-18}
 56 81.00762 26.342878 CaF2
 57 274.41527 1.081239
 58 147.55374 35.700000 CaF2
 59 103.84485 13.000594

[第6実施例]

第6実施例による反射屈折光学系は、図17に示すように、第1面Rより第2面W側へ順に、第1結像光学系G1、第2結像光学系G2及び第3結像光学系G3より構成されている。第1結像光学系G1は、第1面R側より順に、1枚の正レンズ、1枚の正メニスカスレンズ、2枚の負メニスカスレンズ、2枚の正レンズ及び1枚の正メニスカスレンズにより構成され、第2結像光学系G2は、1枚の凹面鏡、2枚の負メニスカスレンズ及び1枚の凹面鏡によって構成されている。第3結像光学系G3は、1枚の正レンズ、2枚の正メニスカスレンズ、2枚の正レンズ、1枚の正メニスカスレンズ、1枚の正レンズ及び2枚の正メニスカスレンズにより構成さ

れる。

また、本実施例の反射屈折光学系は、縮小倍率が1/4倍、像側の開口数NAが 0.75、最大物体高が 51.2 mm、最大像高が 12.8 mm であり、ウェハー上の露光サイズは 25 × 5.5 mm の矩形開口としている。これにより、走査して露光し、全体の露光面積は 25 × 33 mm としている。また、WDは、第1面R側で224.250603で、第2面W側で18.245931である。

使用する凹面鏡の直径は、272 mm 以下、使用レンズの中で、2枚の最大のレンズの有効径は 269.2 mm 以下であり、その他の大部分のレンズの有効径は191.6 mm 以下であり、通常このスペックで使用する屈折系球面光学系の使用レンズの有効径よりも、かなり小さいものである。

凹面鏡の遮蔽部の光束に対する遮蔽率は NA 比で 20 % であり、結像性能に与える影響は少なく、充分高性能を得ることができる。

屈折レンズ部は蛍石を使用し、紫外線 F2 エキシマレーザーの 157 nm の波長における、半値幅 2pm の色収差補正がなされている。

また、図18及び図19に示すように、球面収差、コマ収差、非点収差及び歪曲収差ともほぼ無収差に近い状態まで良好に補正され、優れた性能の光学系を提供している。

表 6

面番号	曲率半径	面間隔		
1	675.27704	28.000000	CaF2	G 1
	K : 0.000000			
	A : -.146813E-07 B : 0.539491E-13			
	C : 0.103176E-17 D : -.244047E-21			
2	-335.34816	1.000000		
3	157.23297	33.000000	CaF2	
4	661.95829	111.498290		

5	534.17597	15.000000	CaF2	
6	79.28442	24.533018		
	K :	0.000000		
	A :	- .797912E-06	B :	0.168232E-10
	C :	0.117292E-13	D :	1.330075E-18
7	-319.67720	60.000000	CaF2	
8	-495.87689	8.881377		
	K :	0.000000		
	A :	- .546569E-07	B :	- .157901E-10
	C :	0.228747E-14	D :	- .168939E-17
9	232.64869	60.000000	CaF2	
10	-146.64044	62.387678		
	K :	0.000000		
	A :	- .200960E-06	B :	0.264632E-10
	C :	- .626544E-15	D :	0.109885E-18
11	107.02679	25.087487	CaF2	
12	-841.18145	0.100000		
	K :	0.000000		
	A :	0.129965E-06	B :	- .700973E-11
	C :	0.304094E-15	D :	- .199817E-19
13	100.79906	23.657931	CaF2	
	K :	0.000000		
	A :	- .240247E-06	B :	- .168548E-10
	C :	- .411925E-15	D :	- .888645E-19
14	875.61302	25.002516		
15	241.41202	38.633224	仮想面	
16	1168.21411	30.000000	CaF2	G 2

17 203.40383 112.439708
K : 0.000000
A : -8.33351×10^{-8} B : -2.07642×10^{-12}
C : -1.02761×10^{-16} D : -2.73382×10^{-21}

18 -202.10723 30.000000 CaF2
K : 0.000000
A : 0.990715×10^{-8} B : 0.324224×10^{-12}
C : -5.14650×10^{-18} D : 0.201608×10^{-21}

19 -425.74836 14.807875
20 -283.61051 -14.907875 REF
21 -425.74836 -30.000000 CaF2
22 -202.10723 -112.439708
K : 0.000000
A : 0.990715×10^{-8} B : 0.324224×10^{-12}
C : -5.14650×10^{-18} D : 0.201608×10^{-21}

23 203.40383 -30.000000 CaF2
K : 0.000000
A : -8.33351×10^{-8} B : -2.07642×10^{-12}
C : -1.02761×10^{-16} D : -2.73382×10^{-21}

24 1169.21411 -38.633224
25 241.41202 38.633224 REF
26 1168.21911 30.000000 CaF2
27 203.40383 112.439708
K : 0.000000
A : -8.33351×10^{-8} B : -2.07642×10^{-12}
C : -1.02761×10^{-16} D : -2.73382×10^{-21}

28 -202.10723 30.000000 CaF2

K : 0.000000
A : 0.990715E-08 B : 0.324224E-12
C : -.514650E-18 D : 0.20160BE-21
29 -425.74836 14.807875
30 -283.61051 25.000000 仮想面
31 408.30244 15.958879 CaF2 G 3
32 -129.66207 0.100000
K : 0.000000
A : 0.308939E-06 B : -.495584E-12
C : 0.568005E-14 D : -.203678E-17
33 841.18145 43.602945 CaF2
34 3875.93725 10.578146
K : 0.000000
A : 0.171725E-07 B : 0.344953E-10
C : -.131126E-13 D : 0.512647E-18
35 -167.86677 60.000000 CaF2
K : 0.000000
A : 0.391387E-06 B : -.110373E-10
C : -.549672E-14 D : -.497050E-18
36 -112.93534 24.501940
37 616.75392 43.453476 CaF2
K : 0.000000
A : -.198458E-06 B : 0.360691E-11
C : -.118837E-15 D : 0.134586E-19
38 -373.27621 31.163698
39 224.13016 35.000000 CaF2
40 -1362.06585 32.000000

K : 0.000000
A : 0.545277E-07 B : 0.369811E-11
C : -.103696E-15 D : -.453358E-20
41 INFINITY 37.587346 ST0
42 254.79537 25.432188 CaF2
43 542.88995 71.860654
K : 0.000000
A : -.126528E-06 B : 0.785291E-11
C : -.506945E-15 D : 0.132815E-19
44 154.13901 26.723139 CaF2
K : 0.000000
A : -.118663E-06 B : -.148063E-10
C : 0.101438E-14 D : -.509185E-19
45 -841.18145 0.100000
46 130.58367 35.411951 CaF2
K : 0.000000
A : 0.639539E-07 B : 0.195918E-10
C : -.415162E-15 D : 0.727844E-19
47 1672.54131 1.000000
48 70.06949 34.000000 CaF2
49 51.37703 18.245931

〔第7実施例〕

第7実施例による反射屈折光学系は、図20に示すように、第1面Rより第2面W側へ順に、第1結像光学系G1、第2結像光学系G2及び第3結像光学系G3より構成されている。第1結像光学系G1は、第1面R側より順に、3枚の正メニスカスレンズ、1枚の負メニスカスレンズ、1枚の負レンズ、1枚の正メニスカスレンズ、2枚の正レンズ、1枚の正メニスカスレンズ、1枚の正レンズ、1枚の正メ

ニスカスレンズ、で構成され、第2結像光学系G2は、互いに対称形に向かい合っ
て配置された2枚の凹面鏡と2枚の負メニスカスレンズで構成されている。また、
第3結像光学系G3は、1枚の正メニスカスレンズ、1枚の負レンズ、2枚の正メ
ニスカスレンズ、1枚の負メニスカスレンズ、4枚の正メニスカスレンズ、1枚の
負レンズ、1枚の正レンズから構成されている。

また本実施例の反射屈折光学系は、縮小倍率が1/4倍、像側の開口数NAが 0.75、
最大物体高が 41.6 mm、最大像高が 10.4 mm であり、第2面W上の露光サイズは
20.0 × 5.5 mm の矩形開口としている。これにより、走査して露光し、全体の露
光面積は 20.0 × 33 mm としている。また、WDは、第1面R側で166.292101で、
第2面W側で15.484990である。

使用する凹面鏡の直径は、264.3 mm 以下、使用レンズの中で、2枚の最大のレ
ンズの有効径は 259.8 mm 以下であり、その他の大部分のレンズの有効径は182.5 mm
以下であり、通常このスペックで使用する屈折系球面光学系の使用レンズの有
効径よりも、かなり小さいものである。

凹面鏡の遮蔽部の光束に対する遮蔽率は NA 比で 20 % であり、結像性能に与え
る影響は少なく、充分高性能を得ることができる。

屈折レンズ部は蛍石を使用し、紫外線エキシマレーザーの 157 nm の波長におけ
る、半値幅 2.0 pm の色収差補正がなされている。

また、図21及び図22に示すように、球面収差、コマ収差、非点収差及び歪曲
収差ともほぼ無収差に近い状態まで良好に補正され、優れた性能の光学系を提供し
ている。

表 7

面番号	曲率半径	面間隔		
1	-525.71881	18.855219	CaF2	G 1
	K : 0.000000			
	A : -.460704E-07 B : 0.530079E-12			

C : $-2.90541\text{E-}16$ D : $-1.18063\text{E-}20$

2 -168.10582 1.000000

3 174.09049 31.402363 CaF2

4 -434.44522 83.565235

5 -195.85797 15.000000 CaF2

6 134.23857 18.083546

K : 0.000000

A : $-5.17515\text{E-}06$ B : $-7.70290\text{E-}10$

C : $0.262130\text{E-}13$ D : $0.155727\text{E-}17$

7 -96.19280 39.200000 CaF2

8 -98.15241 34.935677

9 2573.98955 60.000000 CaF2

10 -104.16392 46.463326

11 105.53430 57.942150 CaF2

12 -841.18145 0.100000

13 126.95491 15.457412 CaF2

K : 0.000000

A : $-4.15551\text{E-}06$ B : $-2.70373\text{E-}10$

C : $-1.31530\text{E-}14$ D : $0.759664\text{E-}18$

14 -516.33392 25.000000

15 239.22664 37.963959 仮想面

16 1137.01670 30.000000 CaF2 G 2

17 203.83422 112.004716

K : 0.000000

A : $-1.55989\text{E-}07$ B : $-1.13913\text{E-}12$

C : $0.404793\text{E-}17$ D : $-6.36121\text{E-}22$

18 -223.15574 30.000000 CaF2

K : 0.000000
 A : 0.115838E-07 B : 0.244013E-12
 C : 0.366112E-17 D : 0.376420E-21
 19 -552.28008 17.415175
 20 -290.52506 -17.415175 REF
 21 -552.28008 -30.000000 CaF2
 22 -223.15574 -112.004716
 K : 0.000000
 A : 0.115838E-07 B : 0.244013E-12
 C : 0.366112E-17 D : 0.376420E-21
 23 203.83422 -30.000000 CaF2
 K : 0.000000
 A : -.155989E-07 B : -.113913E-12
 C : 0.404793E-17 D : -.636121E-22
 24 1137.01670 -37.963959
 25 239.22664 37.963959 REF
 26 1137.01670 30.000000 CaF2
 27 203.83422 112.004716
 K : 0.000000
 A : -.155989E-07 B : -.113913E-12
 C : 0.404793E-17 D : -.636121E-22
 28 -223.15574 30.000000 CaF2
 K : 0.000000
 A : 0.115838E-07 B : 0.244013E-12
 C : 0.366112E-17 D : 0.376420E-21
 29 -552.28008 17.415175
 30 -290.52506 30.053542 仮想面

31 -1386.54471 26.805234 CaF2 G 3
32 -91.53532 0.100000
K : 0.000000
A : 0.178052E-06 B : 0.195629E-10
C : -.110934E-14 D : 0.386843E-18
33 841.18145 23.670554 CaF2
34 -711.10712 12.542840
35 -105.01372 59.999909 CaF2
K : 0.000000
A : 0.381349E-06 B : -.473502E-10
C : 0.331465E-14 D : -.247388E-18
36 -110.87458 7.115651
37 -457.60456 51.201496 CaF2
K : 0.000000
A : -.143466E-06 B : 0.244627E-11
C : 0.115659E-15 D : 0.357474E-20
38 -172.32176 64.093132
39 248.24178 35.000000 CaF2
40 -2267.70363 32.973714
K : 0.000000
A : 0.601607E-07 B : -.668204E-12
C : 0.109411E-15 D : 0.240099E-20
41 INFINITY 95.819153 STO
42 148.49449 34.000000 CaF2
43 1034.52186 23.149391
44 264.65948 20.021296 CaF2
K : 0.000000

A : -9.28883×10^{-7} B : -3.18545×10^{-11}
 C : 0.395198×10^{-15} D : -6.15977×10^{-20}
 45 -841.18145 0.100000
 46 192.76008 42.091338 CaF2
 K : 0.000000
 A : 0.100517×10^{-6} B : -2.14895×10^{-11}
 C : -5.36036×10^{-15} D : -7.97901×10^{-19}
 47 -722.90445 1.000000
 48 82.59564 34.000000 CaF2
 49 58.64470 15.484990

[第8実施例]

第8実施例による反射屈折光学系は、図23に示すように、第1面Rより第2面W側へ順に、第1結像光学系G1、第2結像光学系G2及び第3結像光学系G3より構成されている。第1結像光学系G1は、第1面R側より順に、1枚の負メニスカスレンズ、1枚の正レンズ、3枚の正メニスカスレンズ、1枚の負メニスカスレンズ、2枚の正メニスカスレンズ、2枚の正レンズ、2枚の正メニスカスレンズにより構成され、第2結像光学系G2は、1枚の凹面鏡、2枚の負メニスカスレンズ、1枚の凹面鏡によって構成されている。また、第3結像光学系G3は、1枚の正レンズ、1枚の負メニスカスレンズ、1枚の正メニスカスレンズ、1枚の正レンズ、1枚の正メニスカスレンズ、1枚の負メニスカスレンズ、4枚の正メニスカスレンズ、1枚の正レンズ、1枚の負メニスカスレンズ、1枚の正メニスカスレンズに構成されている。

また、本実施例の反射屈折光学系は、縮小倍率が1/4倍、像側の開口数NAが0.75、最大物体高が52.8 mm、最大像高が13.2 mmであり、第2面W上の露光サイズは25 × 8.8 mmの矩形開口としている。これにより、走査して露光し、全体の露光面積は25 × 33 mmとしている。また、WDは、第1面R側で181.103882で、第2面W側で18.788119である。

使用する凹面鏡の直径は、260.0 mm 以下、使用レンズの中で、2枚の最大のレンズの有効径は 258.1 mm 以下であり、その他の大部分のレンズの有効径は174 mm 以下であり、通常このスペックで使用する屈折系球面光学系の使用レンズの有効径よりも、かなり小さいものである。

凹面鏡の遮蔽部の光束に対する遮蔽率は NA 比で 24.0 % であり、結像性能に与える影響は少なく、充分高性能を得ることができる。

屈折レンズ部は蛍石を使用し、紫外線エキシマレーザーの 157 nm の波長における、半値幅 2pm の色収差補正がなされている。

また、図 2 4 及び図 2 5 に示すように、球面収差、コマ収差、非点収差及び歪曲収差ともほぼ無収差に近い状態まで良好に補正され、優れた性能の光学系を提供している。

表 8

面番号	曲率半径	面間隔		
1	-522.12779	30.000000	CaF2	G 1
	K : 0.000000			
	A : -.836382E-07 B : -.232619E-12			
	C : 0.147976E-16 D : -.418940E-20			
2	-132.55730	1.000000		
3	128.94293	35.000000	CaF2	
4	-12753.60003	59.866513		
5	-6802.25073	20.000000	CaF2	
6	55.79157	80.243257		
	K : 0.000000			
	A : -.546724E-06 B : -.181493E-09			
	C : 0.142455E-15 D : -.176747E-16			
7	-47.47029	20.000000	CaF2	

8	-60.32191	7.654429		
9	290.99547	40.000000	CaF2	
10	-113.88786	67.900717		
	K : 0.000000			
	A : -.389830E-07	B : 0.132957E-10		
	C : -.154157E-15	D : 0.371446E-19		
11	157.77320	35.000000	CaF2	
12	-841.18145	0.100000		
13	75.95634	35.000000	CaF2	
	K : 0.000000			
	A : -.188721E-06	B : -.172094E-10		
	C : -.230506E-14	D : -.451419E-18		
14	136.73212	29.629039		
15	236.80433	38.189196	仮想面	
16	1123.83252	25.000000	CaF2	G 2
17	215.20242	118.218608		
	K : 0.000000			
	A : -.125437E-07	B : -.384933E-12		
	C : -.548370E-17	D : -.130736E-21		
18	-230.30939	25.000000	CaF2	
	K : 0.000000			
	A : 0.794466E-08	B : 0.292879E-12		
	C : 0.193439E-17	D : 0.178964E-21		
19	-715.80903	18.001730		
20	-290.18558	-18.001730	REF	
21	-715.80903	-25.000000	CaF2	
22	-230.30939	-118.218608		

K : 0.000000
A : 0.794466E-08 B : 0.292879E-12
C : 0.193439E-17 D : 0.178964E-21
23 215.20242 -25.000000 CaF2
K : 0.000000
A : -.125437E-07 B : -.384933E-12
C : -.548370E-17 D : -.130736E-21
24 1123.83252 -38.189196
25 236.80433 38.189196 REF
26 1123.83252 25.000000 CaF2
27 215.20242 118.218608
K : 0.000000
A : -.125437E-07 B : -.384933E-12
C : -.548370E-17 D : -.130736E-21
28 -230.30939 25.000000 CaF2
K : 0.000000
A : 0.794466E-08 B : 0.292879E-12
C : 0.193439E-17 D : 0.178964E-21
29 -715.80903 18.001730
30 -290.18558 26.923164 仮想面
31 359.64974 31.622320 CaF2 G 3
K : 0.000000
A : -.238831E-06 B : -.159933E-09
C : 0.333492E-13 D : -.302442E-17
32 -78.68158 3.000000
33 -102.24438 10.000000 CaF2
K : 0.000000

A : -4.42017×10^{-6} B : 0.129267×10^{-9}
C : -1.04462×10^{-13} D : -3.85463×10^{-17}
34 -736.98208 7.257836
35 -258.24911 30.000000 CaF2
K : 0.000000
A : 0.170266×10^{-6} B : -4.91675×10^{-10}
C : 0.173016×10^{-13} D : -1.65015×10^{-17}
36 -89.89727 52.610383
37 140.95200 55.364795 CaF2
38 -298.06179 32.096603
K : 0.000000
A : 0.120207×10^{-6} B : 0.647976×10^{-11}
C : -4.25435×10^{-15} D : 0.150097×10^{-19}
39 INFINITY 45.721388 ST0
40 -114.02619 20.000000 CaF2
K : 0.000000
A : 0.147722×10^{-6} B : -8.65162×10^{-11}
C : 0.108989×10^{-14} D : -6.94298×10^{-20}
41 -186.18658 1.000000
42 103.26976 30.573743 CaF2
K : 0.000000
A : -1.99336×10^{-6} B : 0.348047×10^{-12}
C : -7.23641×10^{-15} D : -1.90386×10^{-20}
43 13282.90084 0.100000
44 90.96480 36.234957 CaF2
K : 0.000000
A : 0.677648×10^{-7} B : -2.18493×10^{-11}

	C : -.342196E-16	D : 0.299820E-19	
45	-2124.35764	4.092115	
46	-423.57811	10.000000	CaF2
47	347.85468	4.136085	
48	92.34253	33.000000	CaF2
49	581.34791	18.788119	

次に、上述の反射屈折光学系を投影光学系として搭載した投影露光装置の実施例を、図26を用いて説明する。

投影光学系P Lの第1面Rには所定の回路パターンが形成された投影原板としてのレチクルが配置され、投影光学系P Lの第2面Wには、基板としてのフォトレジストが塗布されたウエハが配置されている。レチクルはレチクルステージR S上に保持され、ウエハはウエハステージW S上に保持され、レチクルの上方には、レチクルを均一照明するための照明光学装置I Sが配置されている。

照明光学装置は、露光光を放射する光源、及びこの光源からの光束をレチクル上に均一照射するための照明光学系から構成されている。本実施例では、光源は、F2エキシマレーザー光源であり、波長157nmの露光光を放射している。照明光学系は、照度分布を均一化するためのフライアイレンズ、照明系開口絞り、可変視野絞り（レチクルブラインド）、及びコンデンサーレンズ系等から構成されている。

投影光学系P Lは、上述のようにレチクル側及びウエハ側において、実質的にテレセントリックになっている。また、照明光学装置I Sから供給される露光光はレチクルを照明し、投影光学系P Lの開口絞りS T Oの位置には照明光学装置I Sの光源の像が形成され、いわゆるケーラー照明が行われる。そして、ケーラー照明されたレチクルの回路パターンは、投影光学系P Lを介して所定の倍率で縮小され、ウエハ上に投影される。

この投影露光装置を用いて、ウエハ上に所定の回路パターンを形成する際の動作の一例につき、図27のフローチャートを参照して説明する。まず、ステップ1において、1ロットのウエハ上に金属膜を蒸着する。ステップ2において、その

金属膜上にフォトレジストを塗布する。その後、ステップ3において、上述の投影露光装置を用いて、レチクル上のパターンを、投影光学系P Lを介して、ウェハー上の各露光領域に順次走査露光する。そして、ステップ4において、ウェハー上のフォトレジストの現像を行う。これにより、ウェハー上には、レジストパターンが形成される。次に、ステップ5において、レジストパターンの形成されたウェハーをエッチングすることによって、レチクル上のレジストパターンに対応する回路パターンが、ウェハー上の各露光領域に形成される。

その後、更に上の層の回路パターンの形成等を行う事によって、半導体素子等のデバイスが製造される。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明では、結像部分を構成する第1結像光学系G 1～第3結像光学系G 3を1本の光軸になるように構成したため、光学系全体を光軸を中心としてで調べることができ、各内部レンズの傾きや位置ずれを検知することができる。

その結果、最終的には、有効な絞り設置部分を探ることができ、ワーキングデスタンスを充分採れ、劇的に小型の凹面鏡を有した光学系を得ることができ、最小の非球面要素を使いながら、調整に容易な1本の光軸で構成し、レチクル走査方向を重力と直交する方向に採ることができたものである。

請求の範囲

1. 第1面より第2面側へ順に、屈折レンズからなる第1結像光学系と、少なくとも1つの凹レンズと2つの反射鏡とを有する第2結像光学系と、屈折レンズからなる第3結像光学系と、を含む反射屈折光学系であって、

前記第1結像光学系は、前記第1面の第1中間像を形成し、前記第2結像光学系は、前記第1中間像を再結像することで第2中間像を形成し、前記第3結像光学系は、前記第2中間像を前記第2面上へ再結像する。

2. 請求の範囲第1項に記載の反射屈折光学系であって、前記第2面側の開口数をNA0とし、前記第2結像光学系の少なくとも1つの凹レンズの有効径を Φ とするととき、以下の条件を満足する。

$$3 \times \Phi < 1000 \times \text{NA0}$$

3. 請求の範囲第1項に記載の反射屈折光学系であって、前記反射屈折光学系は、21枚以上の屈折レンズから構成される。

4. 請求の範囲第1項に記載の反射屈折光学系であって、前記反射屈折光学系は、20枚以下の屈折レンズから構成される。

5. 請求の範囲第1項に記載の反射屈折光学系であって、前記2つの反射鏡の間に開口を持つ。

6. 請求の範囲第1項に記載の反射屈折光学系であって、前記2つの反射鏡は、互いに凹面反射面を向かい会わせに配置された凹面鏡である。

7. 請求の範囲第1項に記載の反射屈折光学系であって、前記第1結像光学系は、

少なくとも2つ以上の正レンズで構成され、前記第3結像光学系は、少なくとも2つ以上の正レンズで構成される。

8. 請求の範囲第1項に記載の反射屈折光学系であって、前記第1結像光学系または前記第3結像光学系に、少なくとも1つ以上の開口絞りを配置する。

9. 請求の範囲第1項に記載の反射屈折光学系であって、前記第1結像光学系または前記第3結像光学系には、少なくとも1つ以上の中心遮蔽板を配置する。

10. 請求の範囲第1項に記載の反射屈折光学系であって、前記反射屈折光学系は、非球面を少なくとも5面以上含む。

11. 請求の範囲第1項に記載の反射屈折光学系であって、前記反射屈折光学系の屈折レンズをすべて同一の硝材で構成する。

12. 請求の範囲第6項に記載の反射屈折光学系であって、前記2つの凹面鏡のうち、前記第1面側に近い方に配置されているものを第1凹面鏡とし、前記第2面側に近い方に配置されているものを第2凹面鏡とし、前記第1中間像の位置から前記第1凹面鏡の位置までの距離を d_1 、前記第2中間像位置から前記第2凹面鏡の位置までの距離を d_2 とし、前記第2面上の露光領域の径を Φ_w とするとき、以下の条件を満足する。

$$\begin{aligned} |d_1| &< \Phi_w \\ |d_2| &< \Phi_w \end{aligned}$$

13. 請求の範囲第1項に記載の反射屈折光学系であって、前記反射屈折光学系は、前記第1面側、または前記第2面側でテレセントリックな光学系である。

1 4. 光源と、該光源からの光束を前記第 1 面上に均一照射するための照明光学系と、前記第 1 面を前記第 2 面へ投影する前記請求項 1 乃至 1 3 に記載の反射屈折光学系と、を含む投影露光装置。

1 5. 光源より照明光を放射し、照明光学系により前記照明光を前記第 1 面上に均一照射し、前記請求項 1 乃至 1 3 に記載された反射屈折光学系を用いて前記第 1 面を前記第 2 面へ投影し、前記第 2 面の露光を行う投影露光方法。

FIG. 1

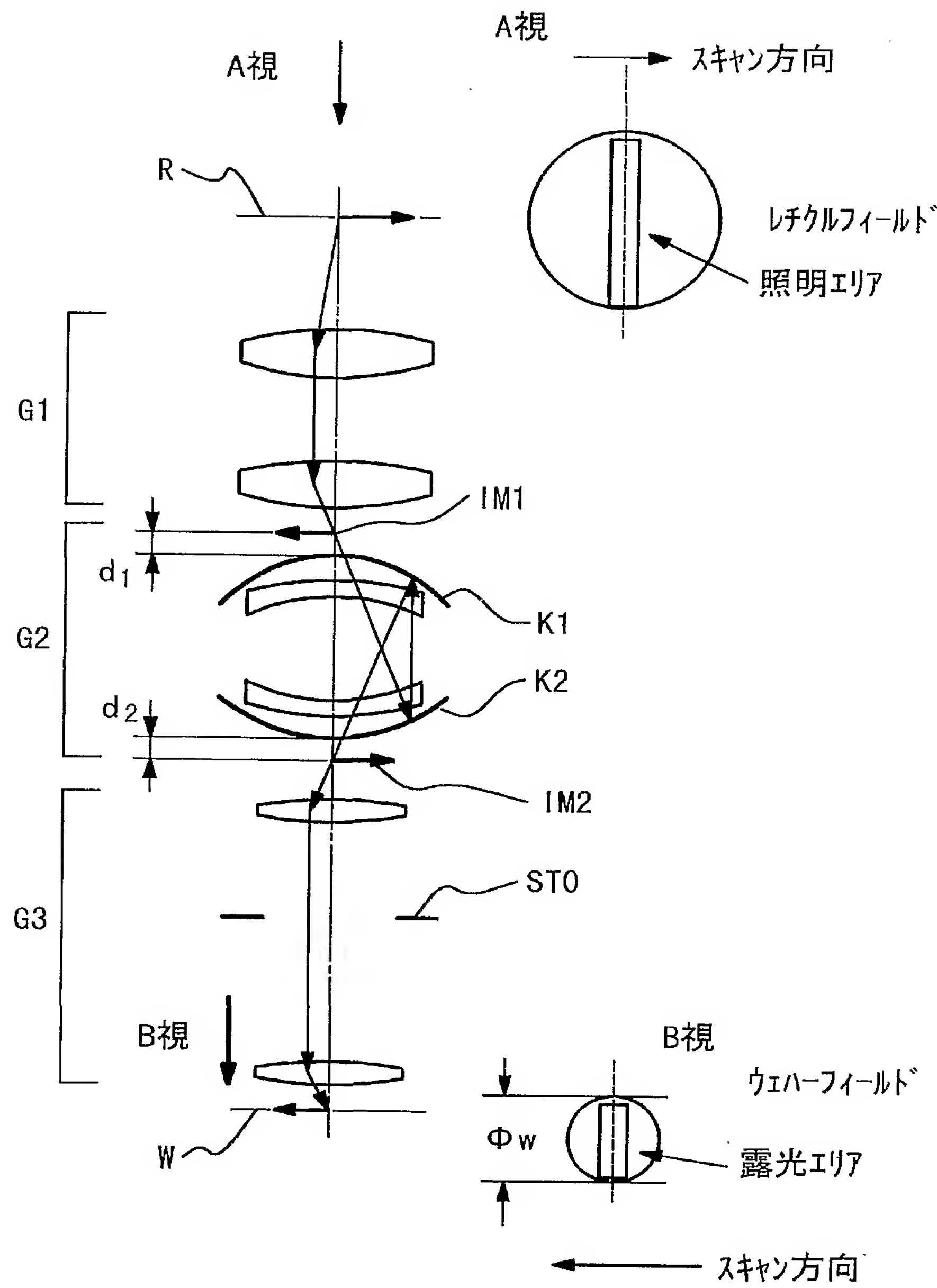


FIG. 2

2/19

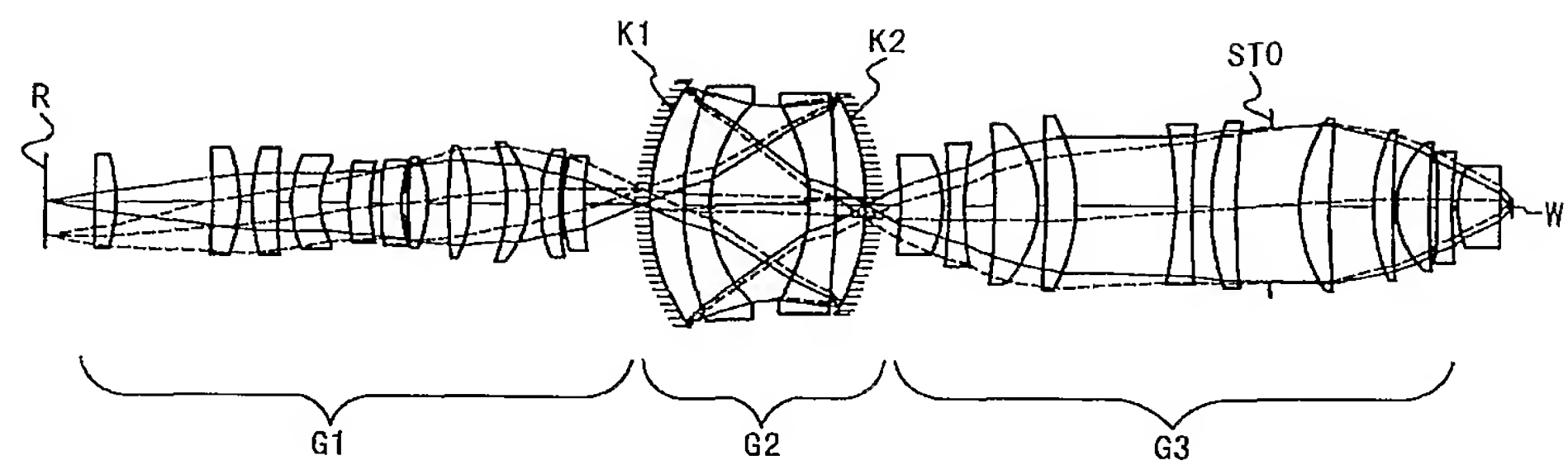


FIG. 3

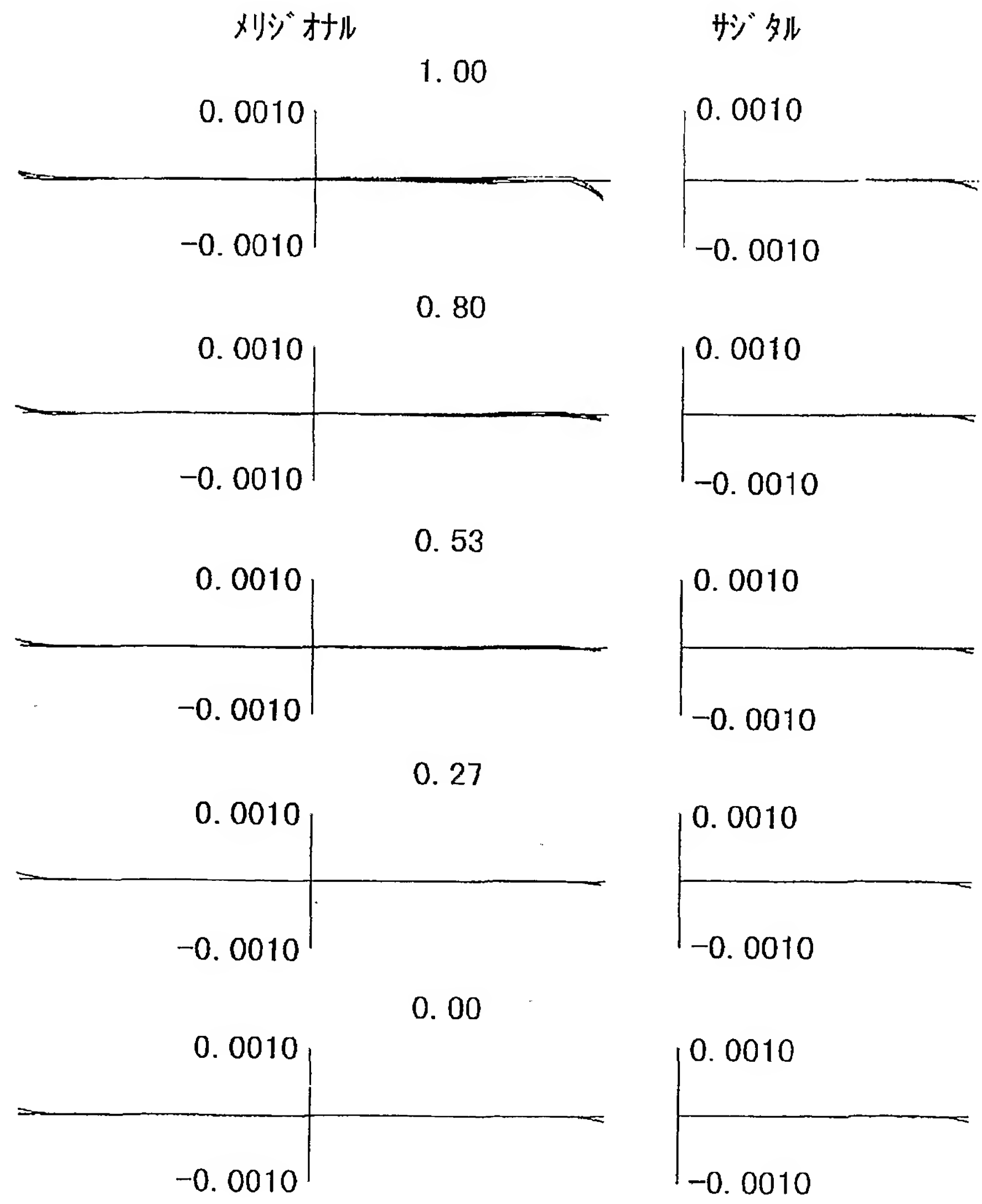


FIG. 4

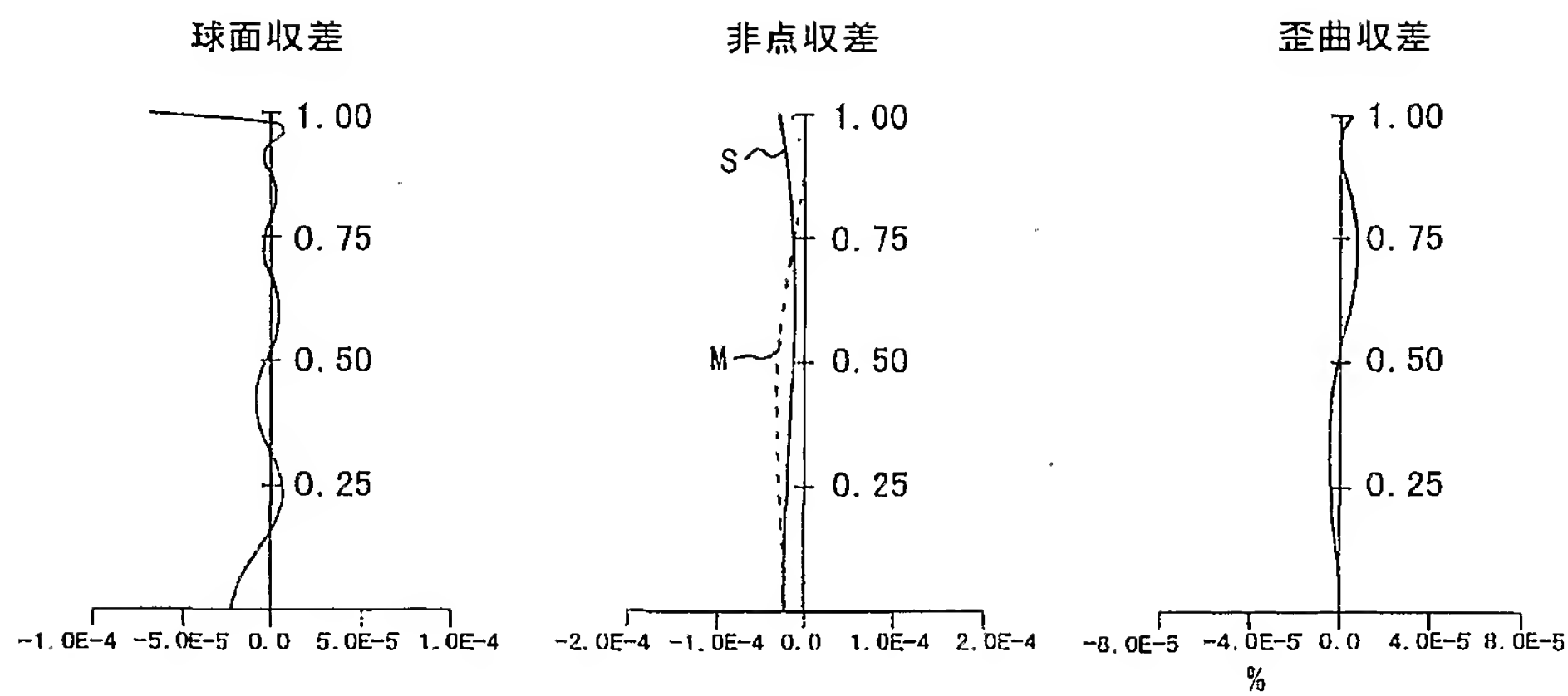


FIG. 5

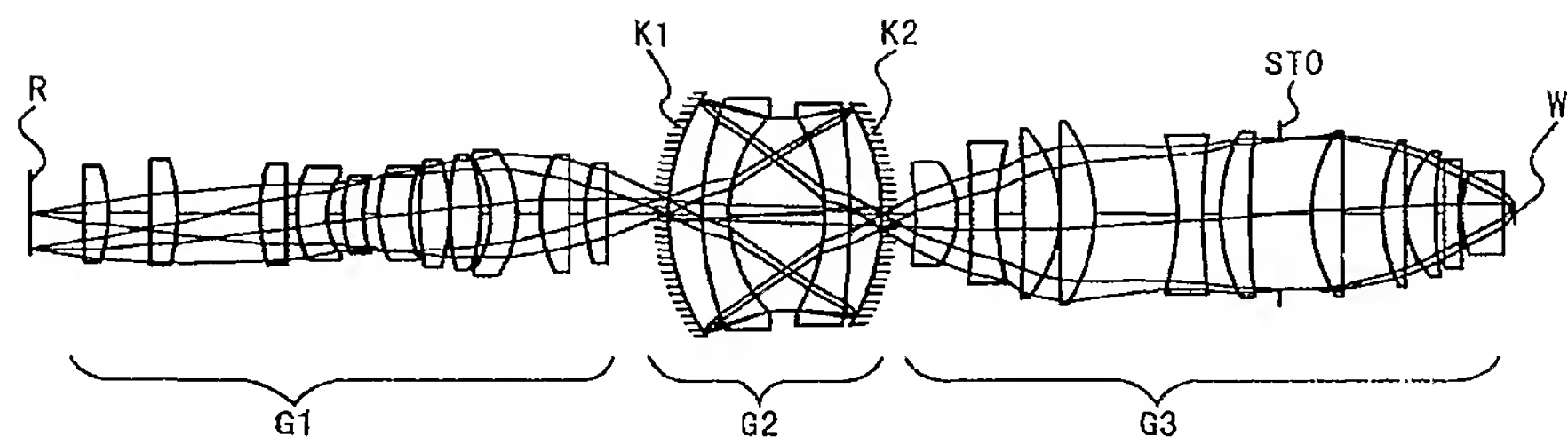


FIG. 6

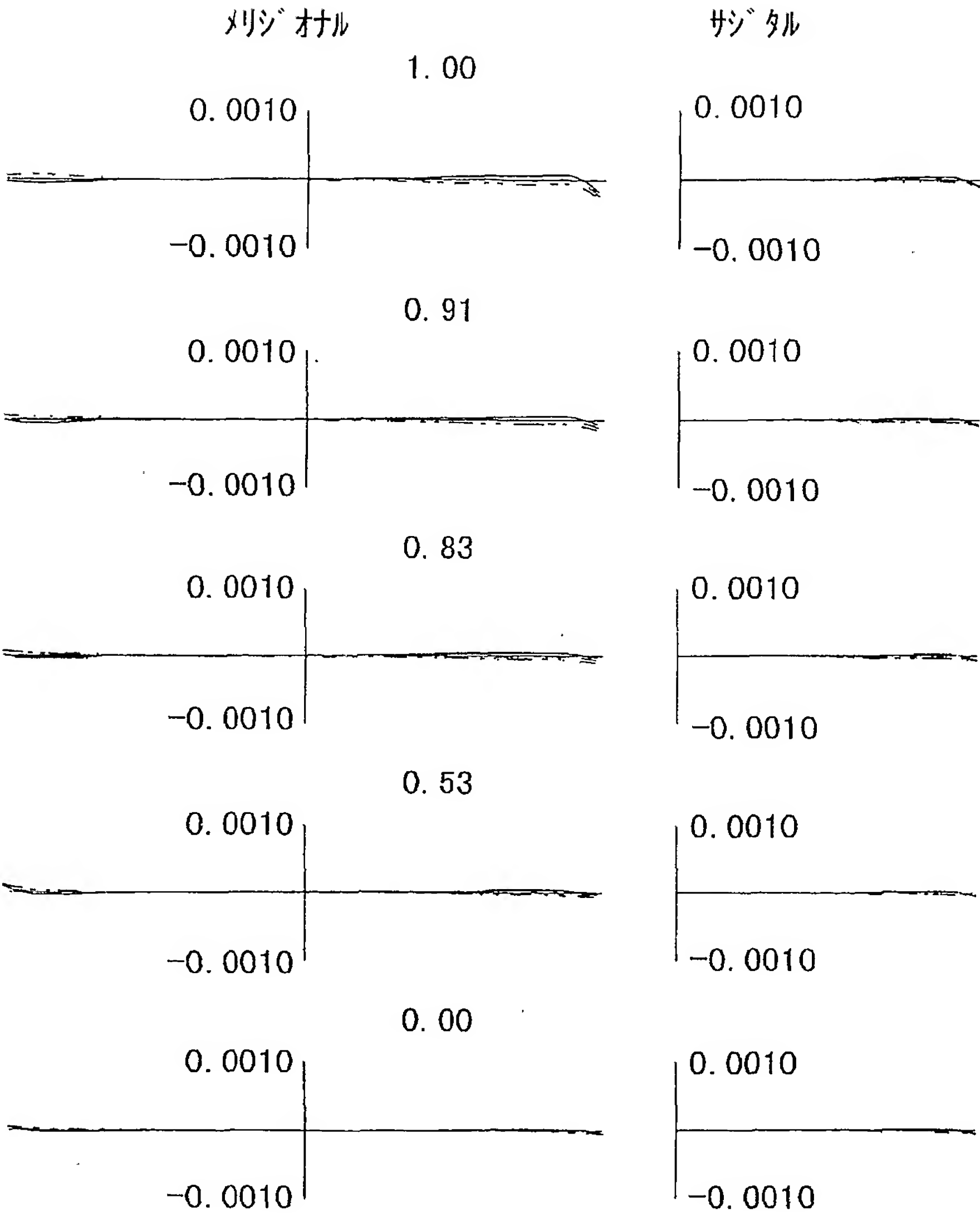


FIG. 7

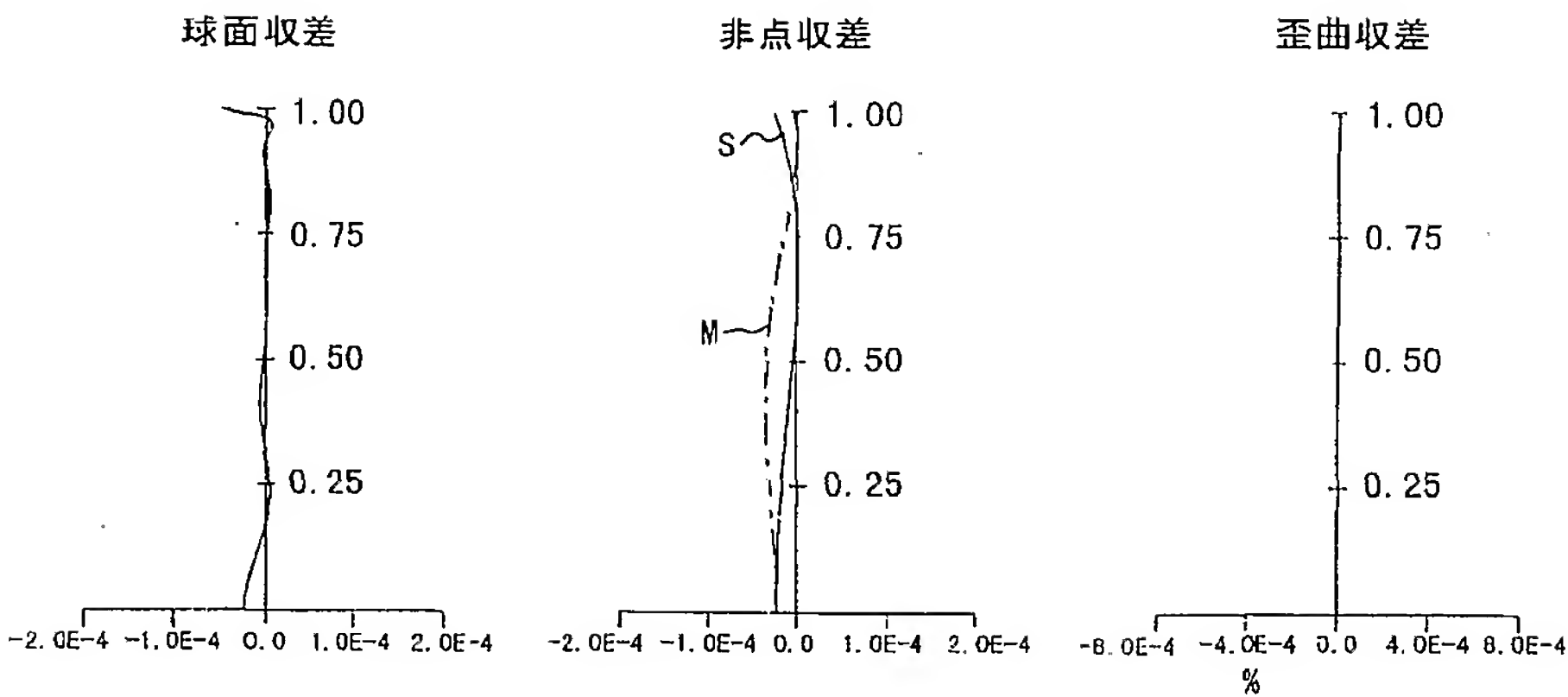


FIG. 8

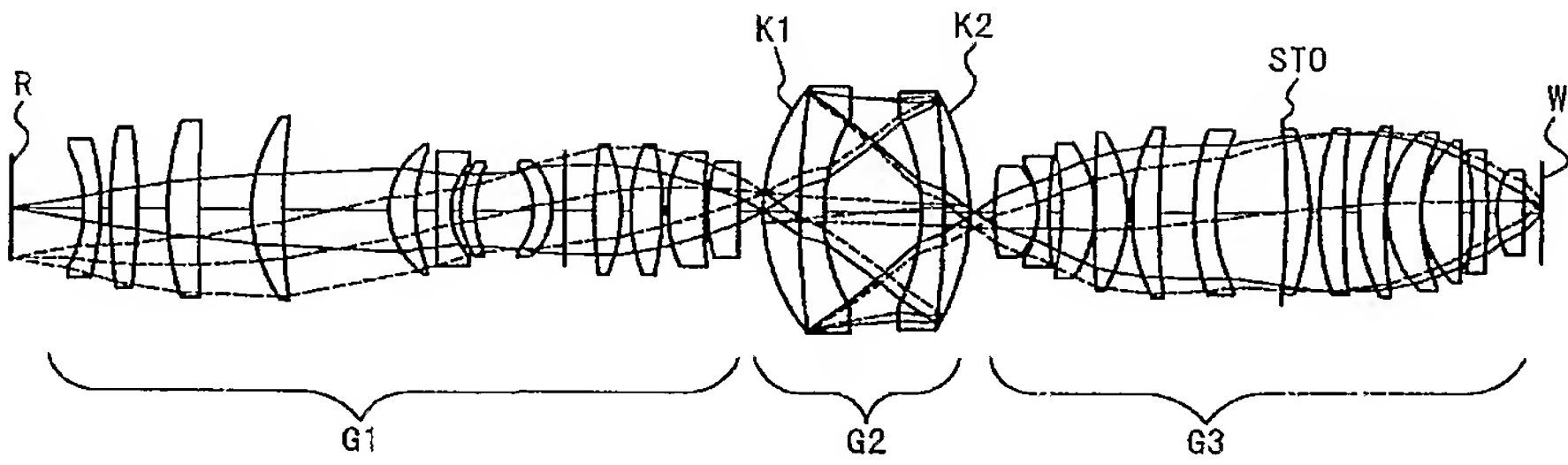


FIG. 9

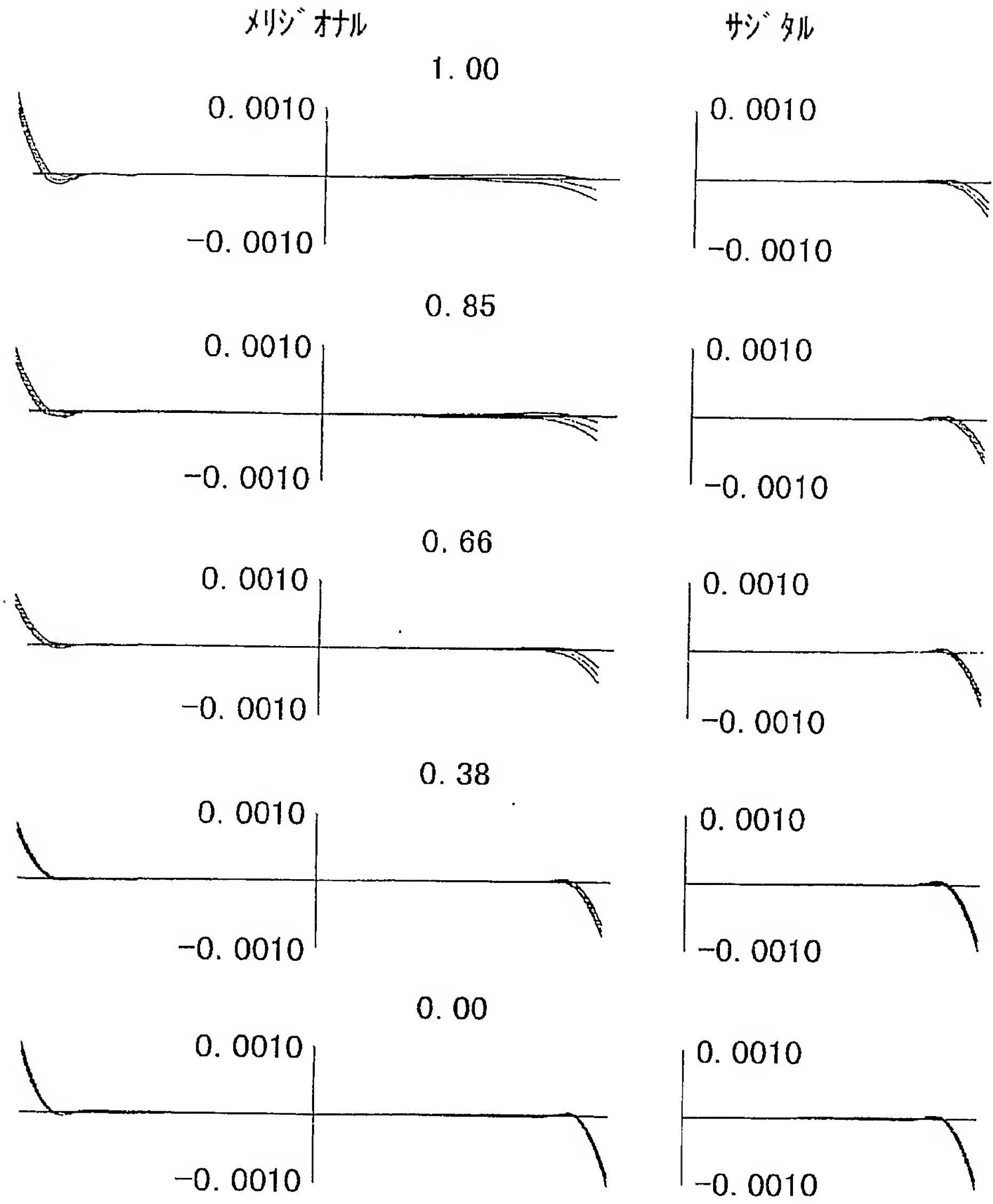


FIG. 10

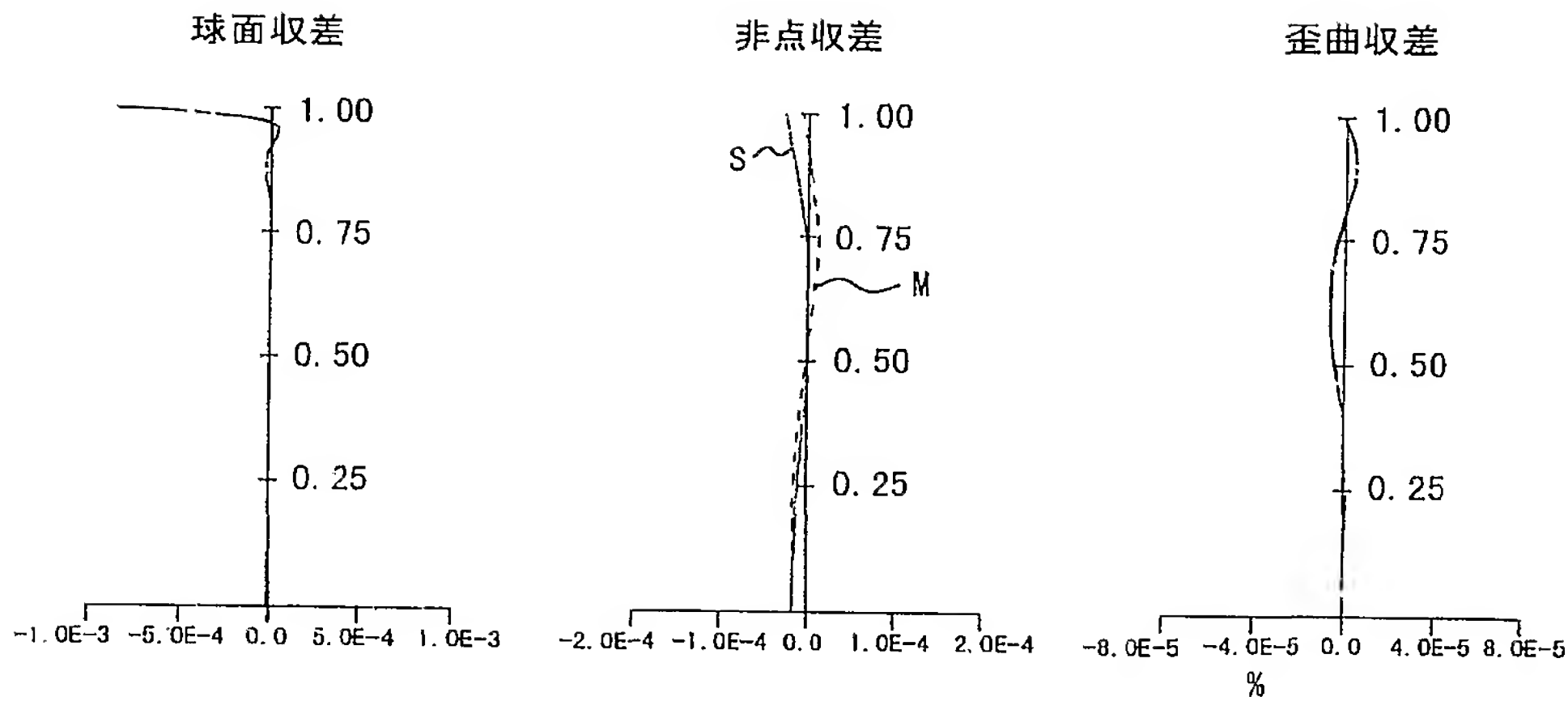
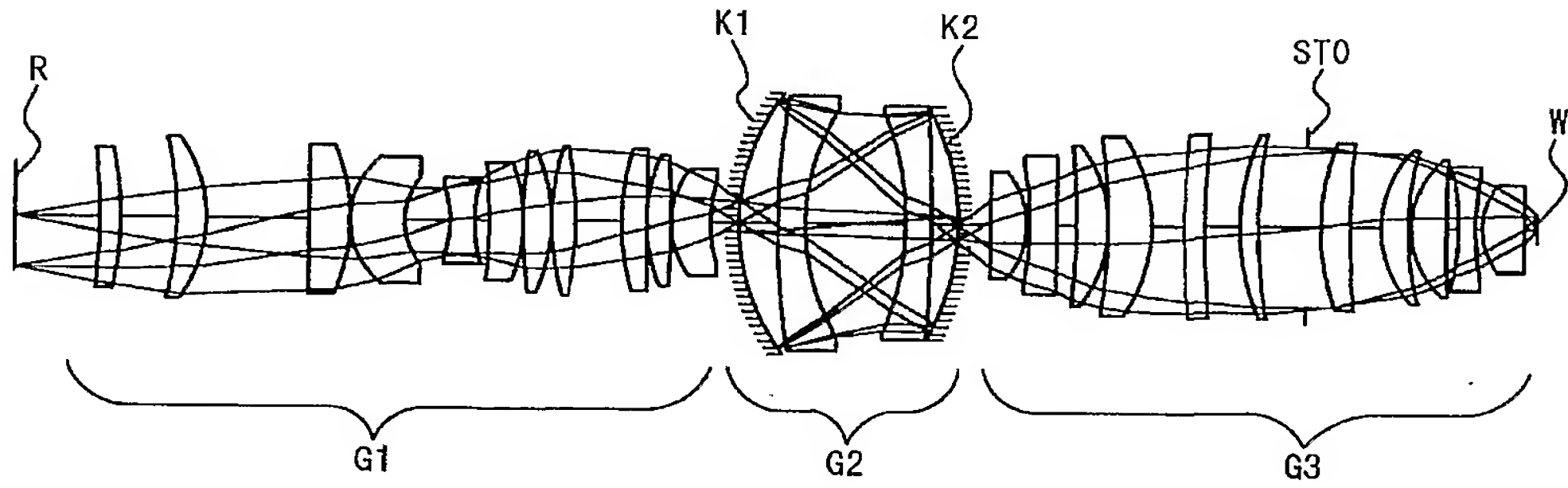


FIG. 11



8/19

FIG. 12

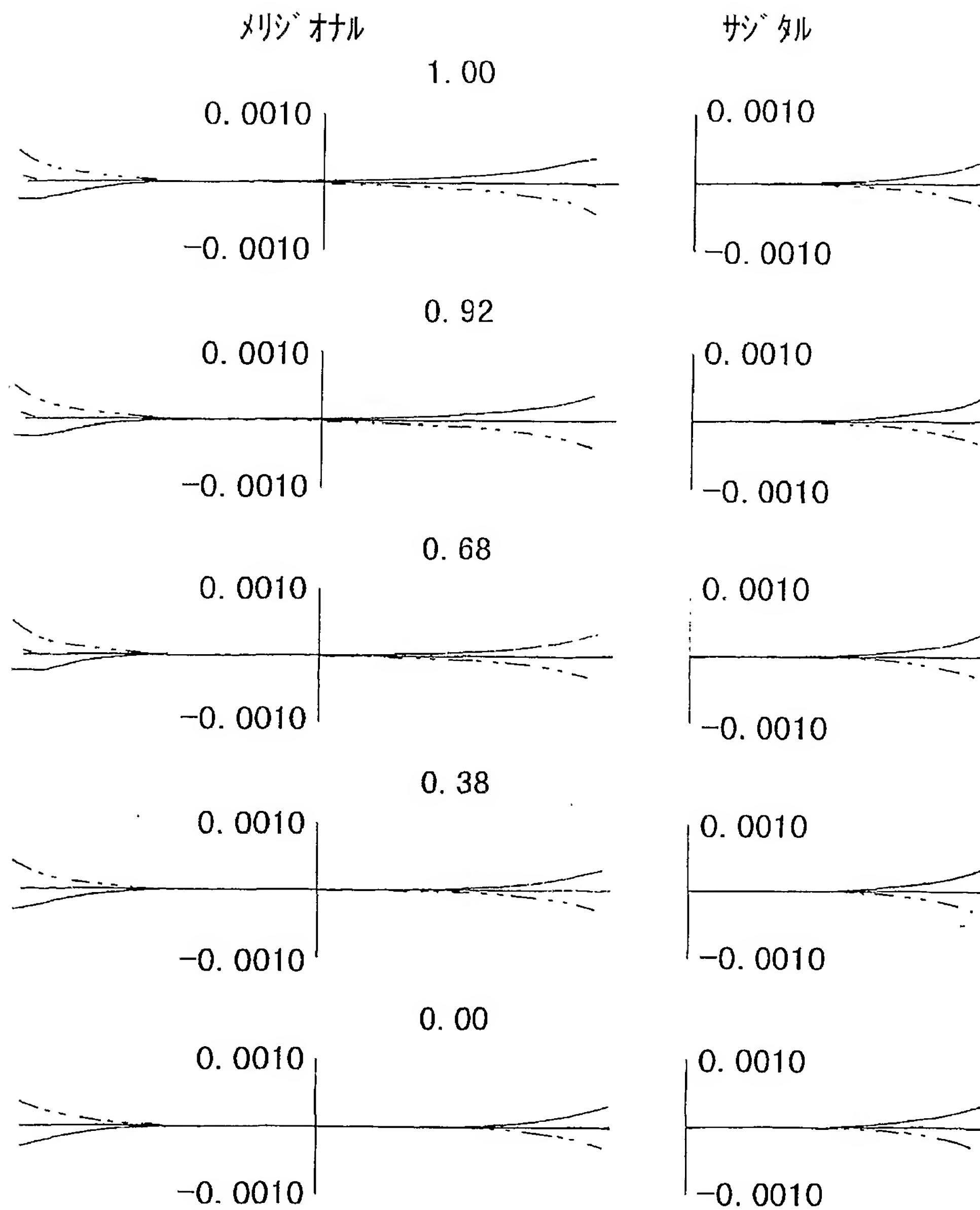


FIG. 13

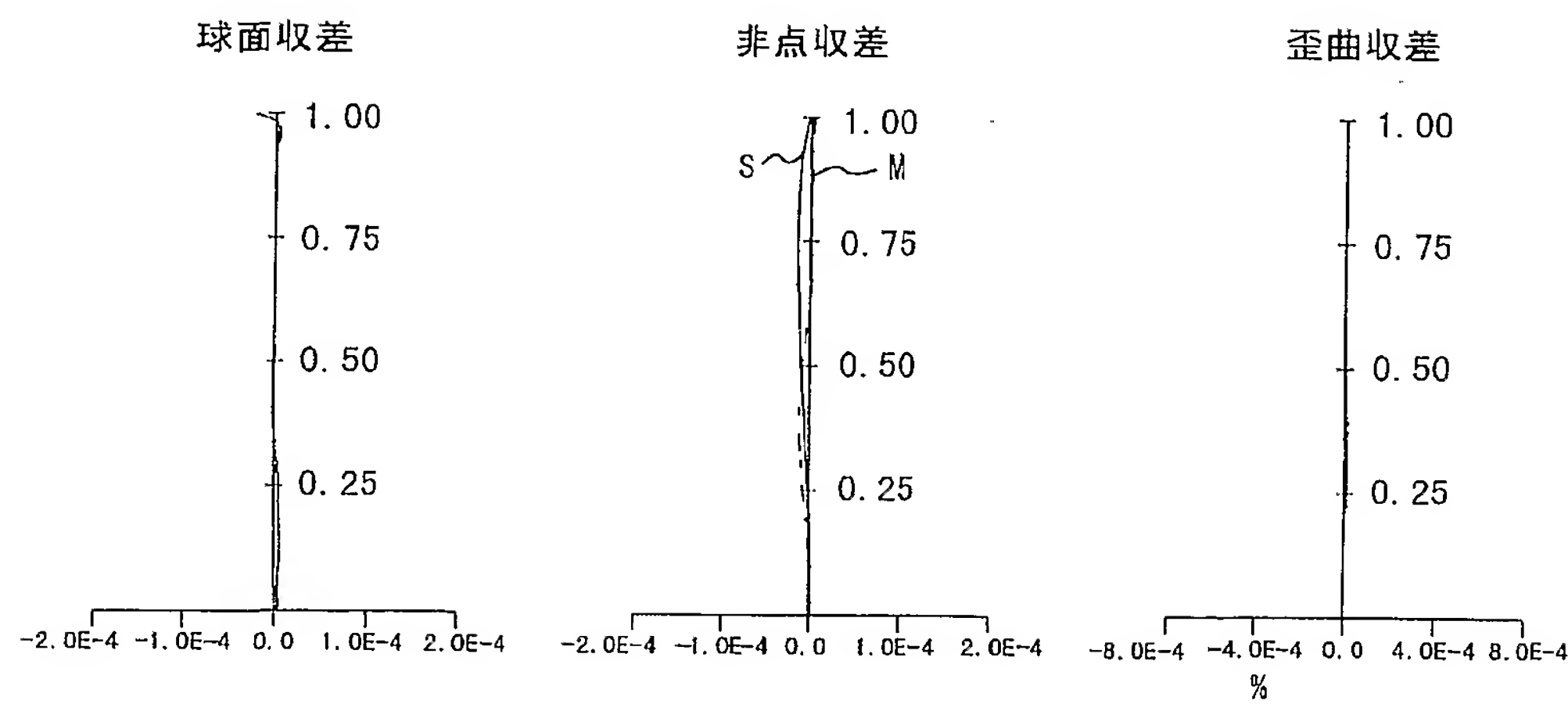
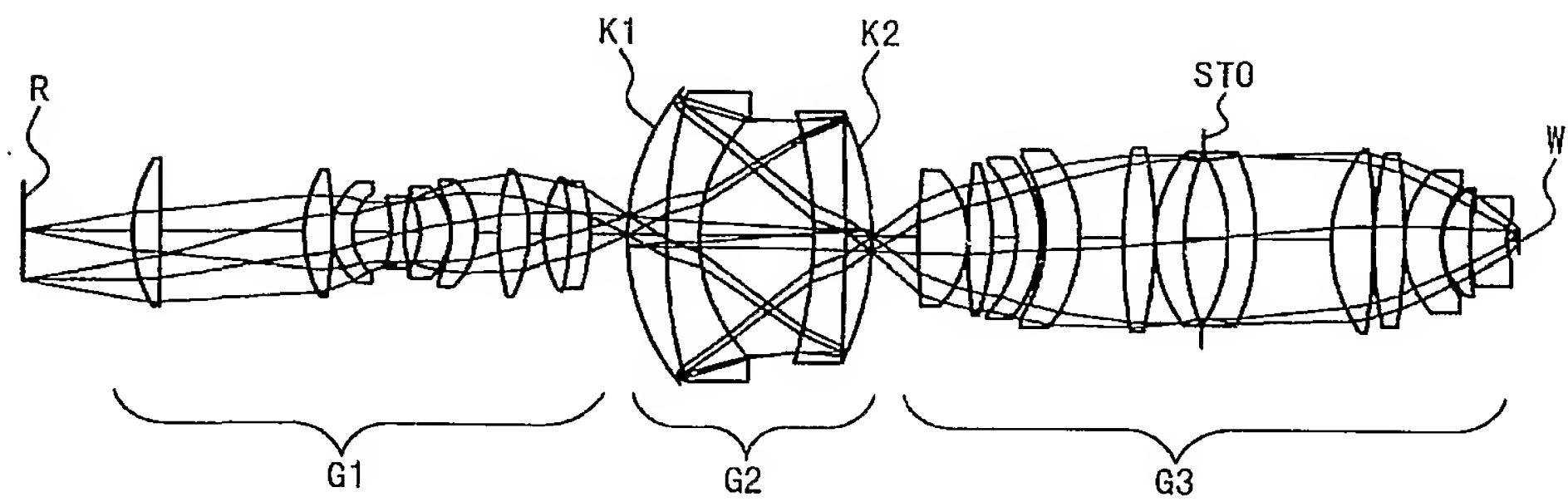


FIG. 14



10/19
FIG. 15

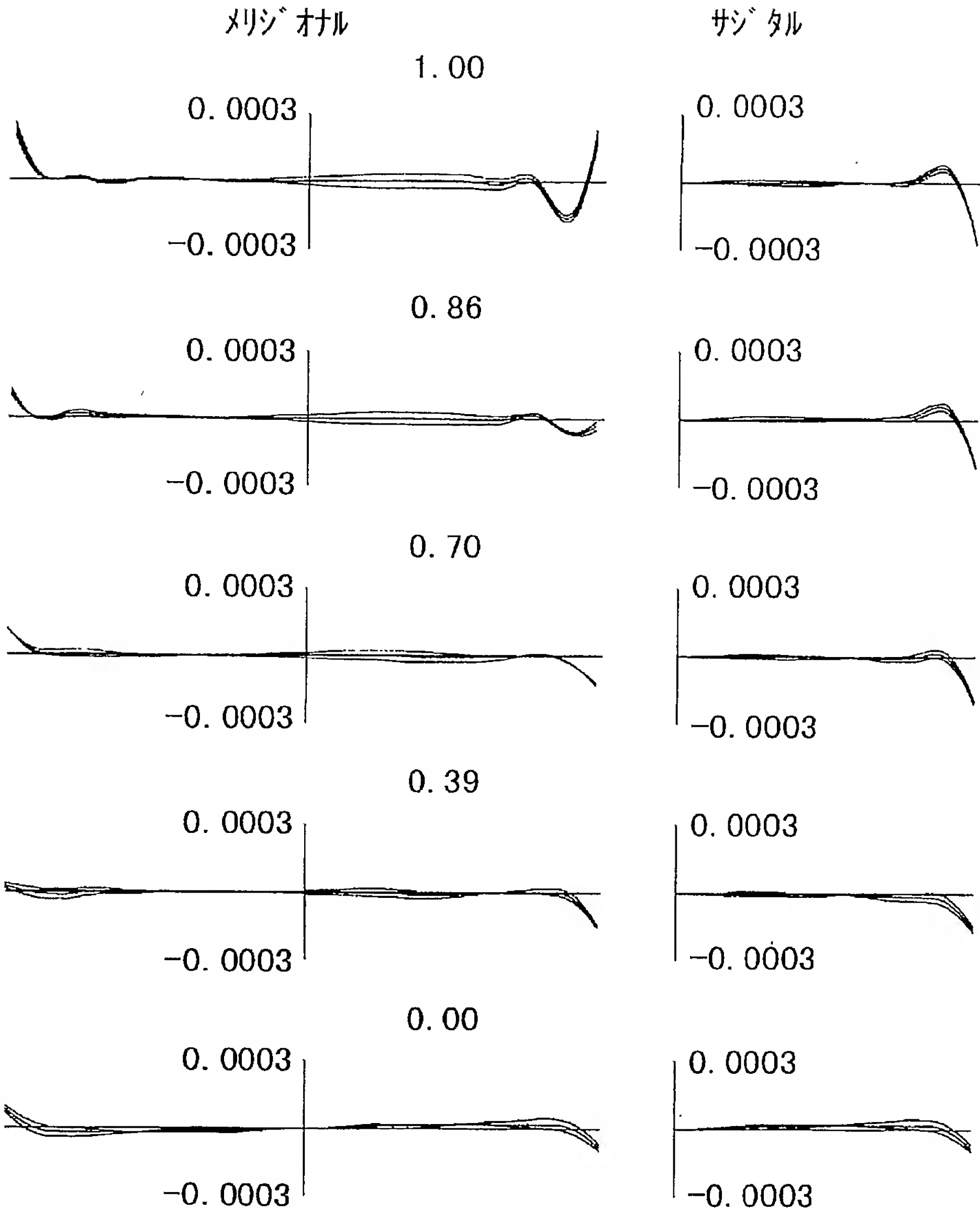


FIG. 16

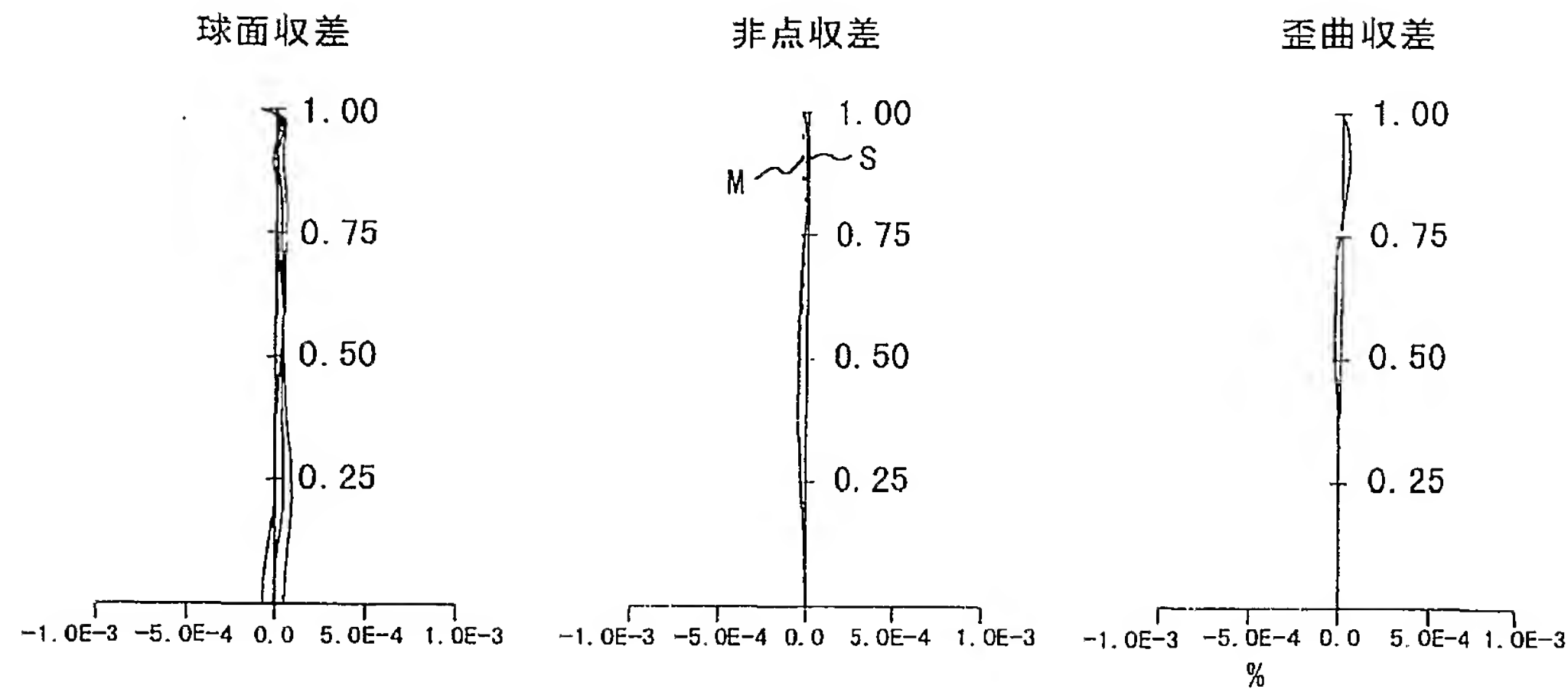


FIG. 17

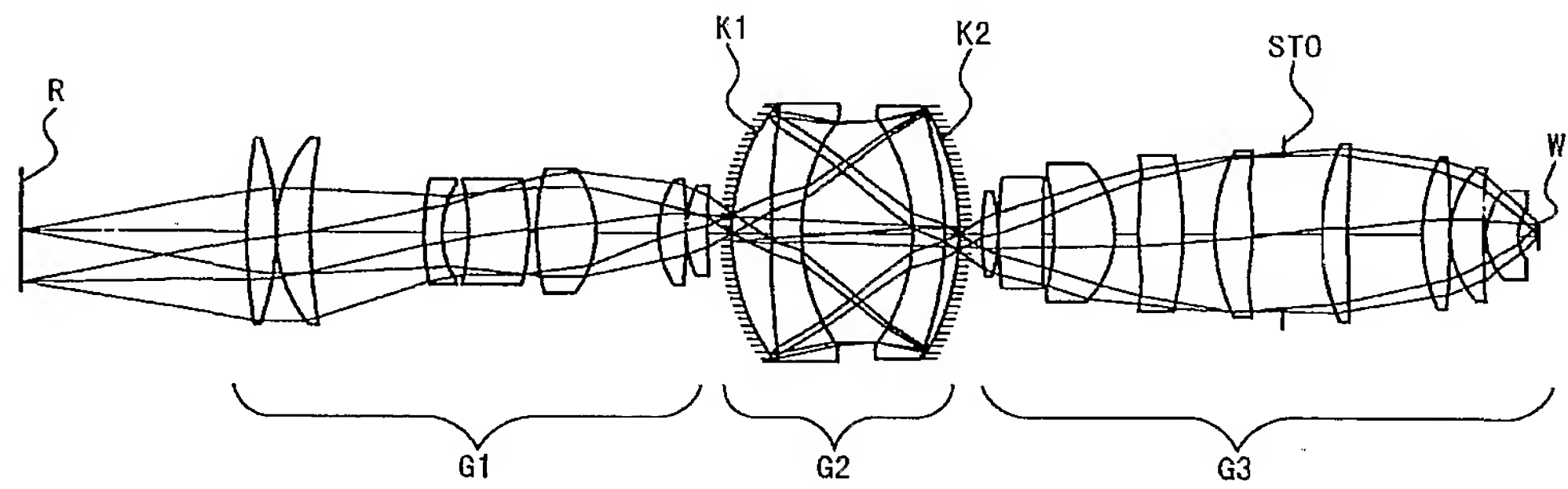


FIG. 18

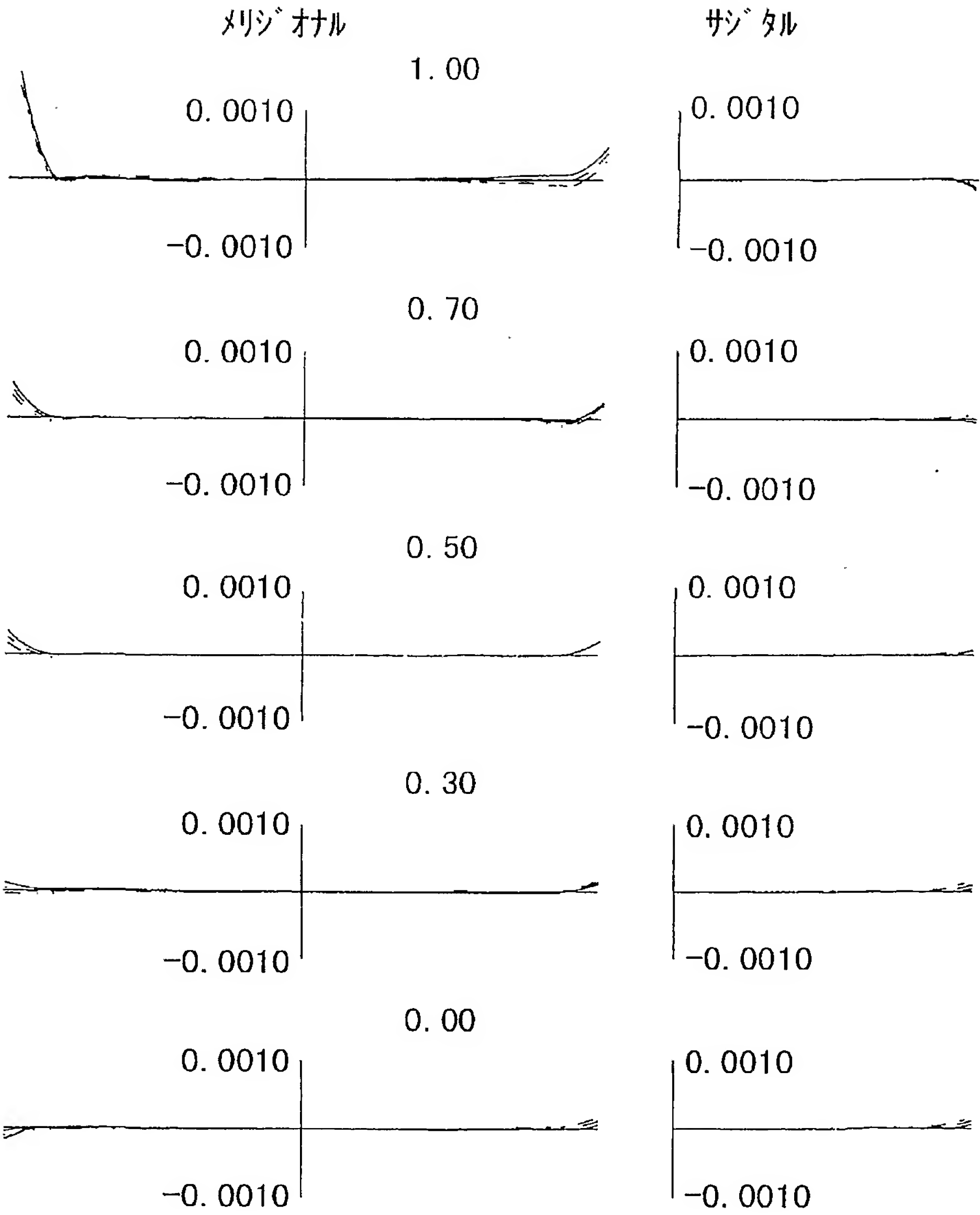


FIG. 19

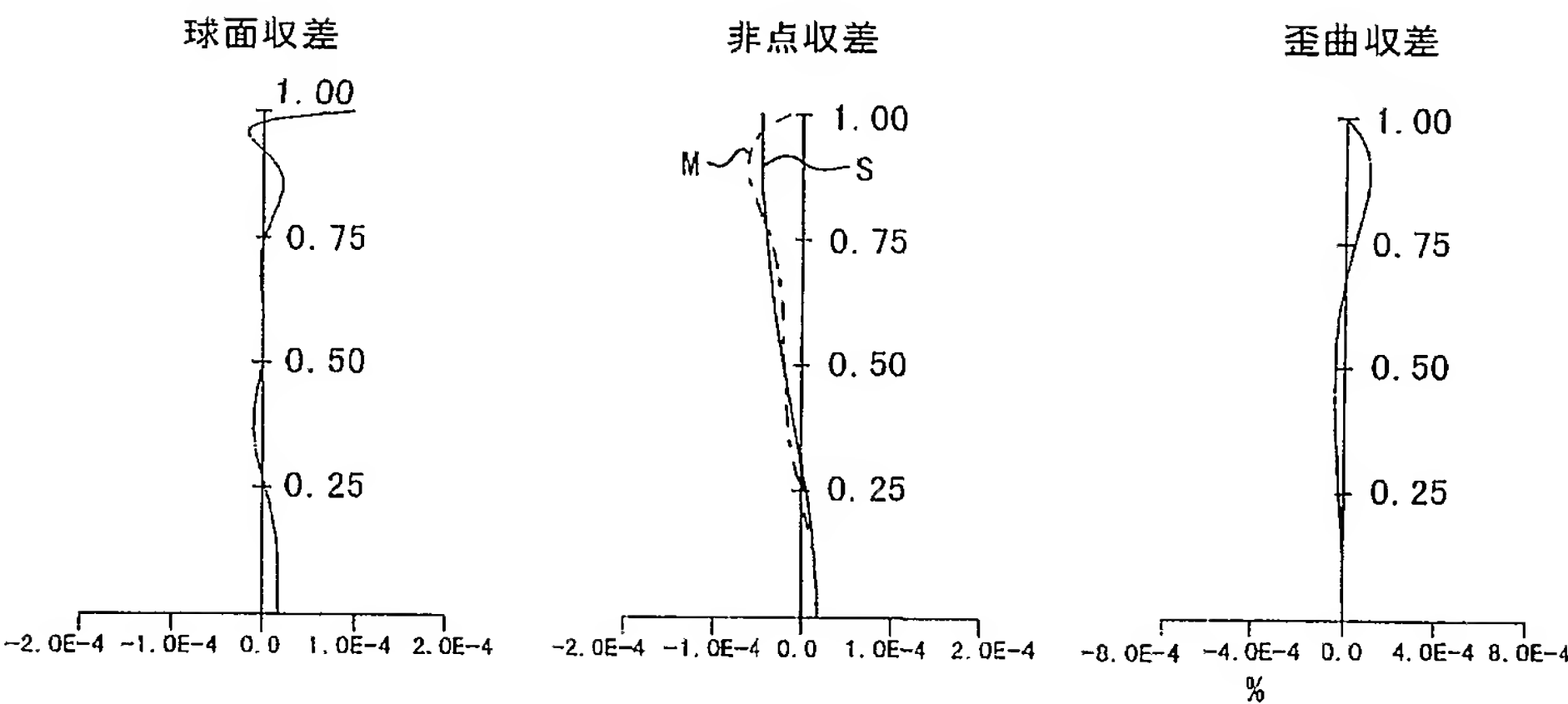


FIG. 20

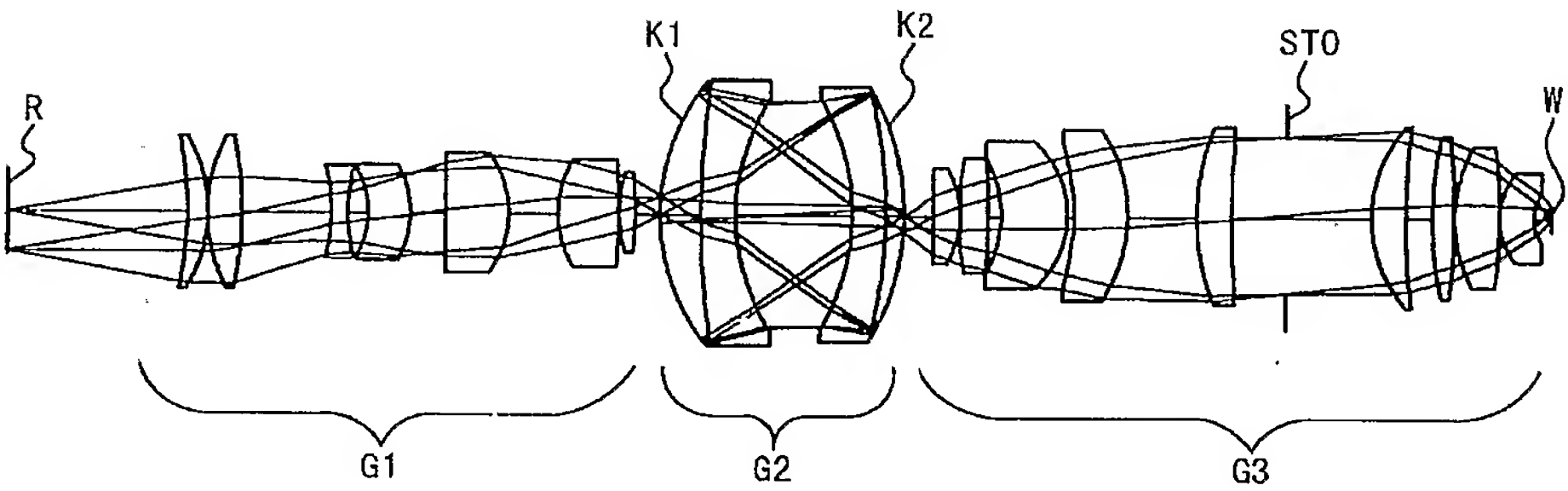


FIG. 21

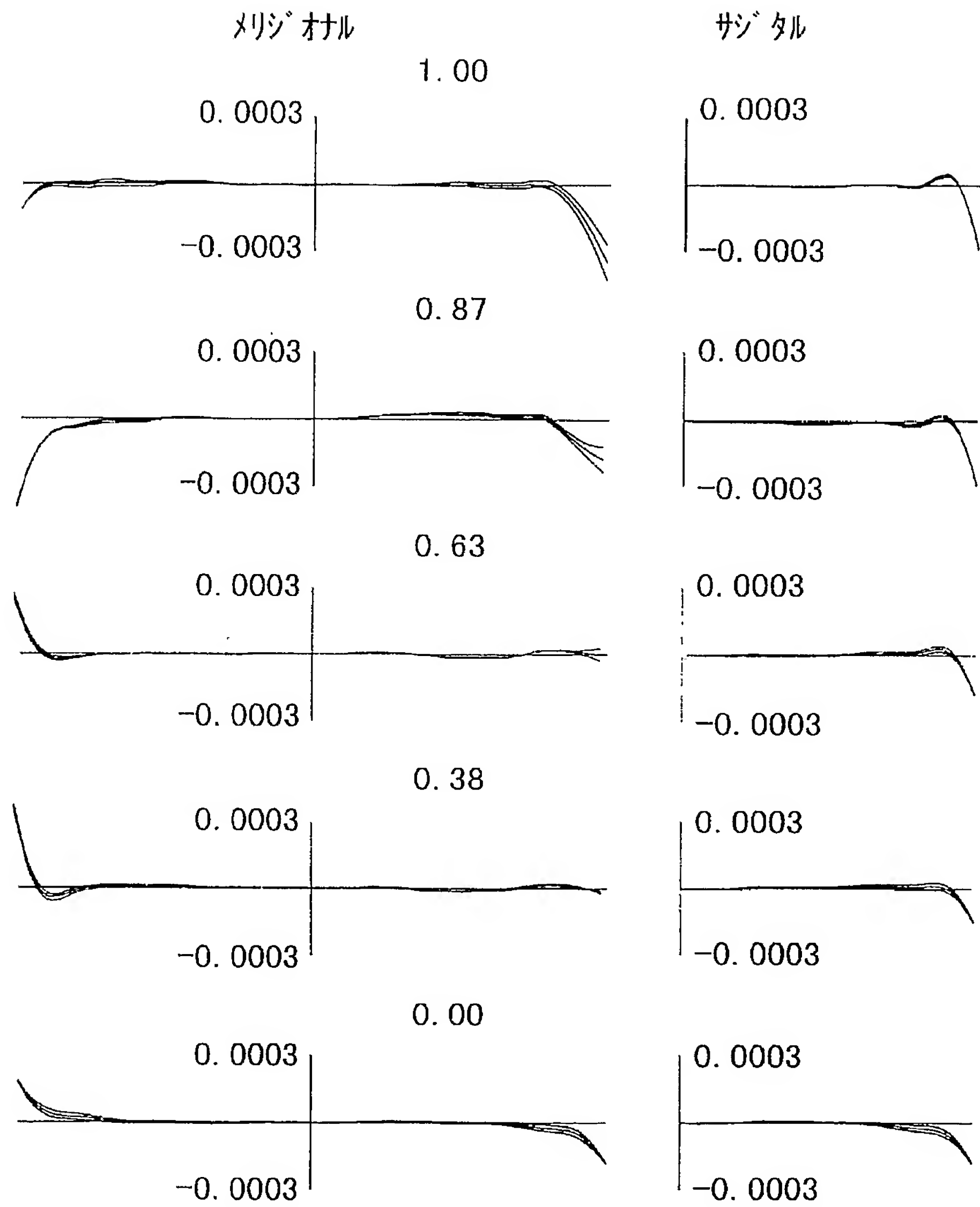


FIG. 22

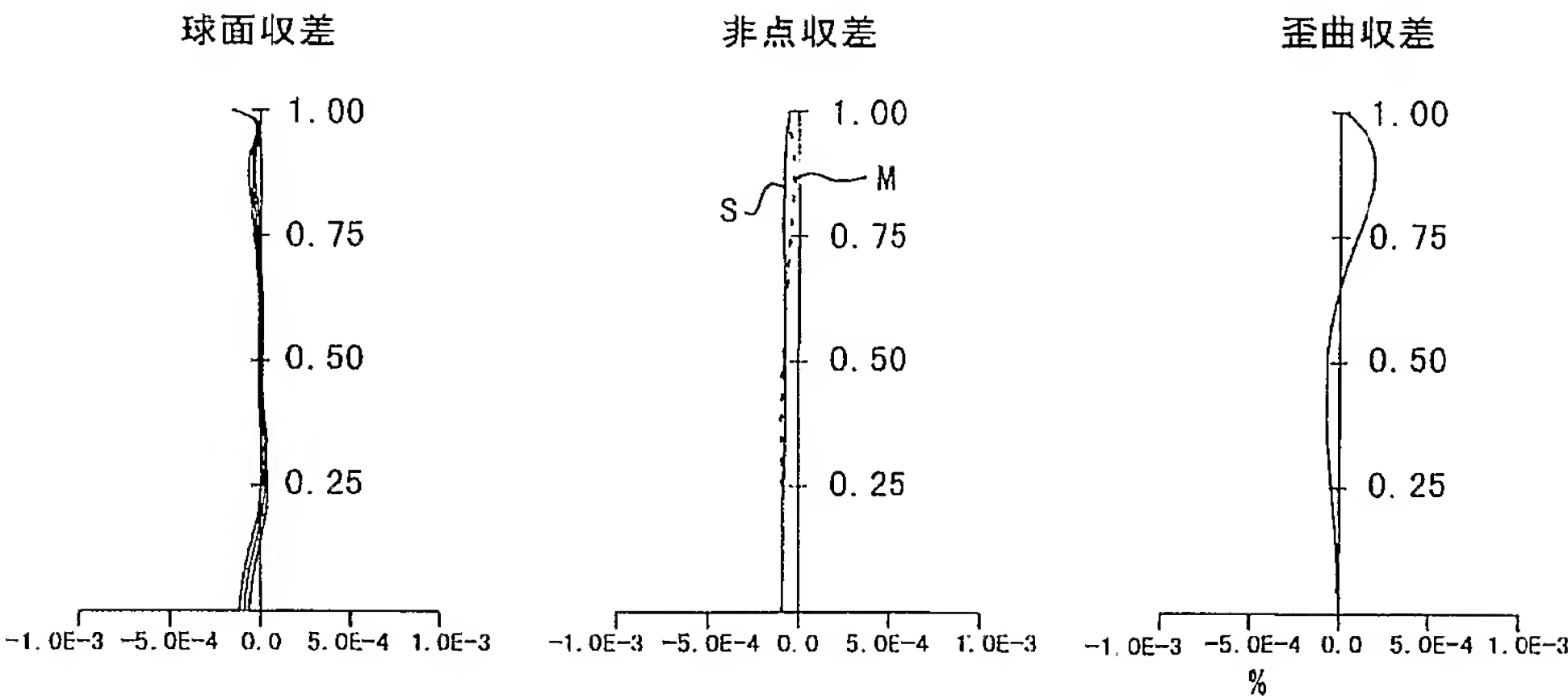


FIG. 23

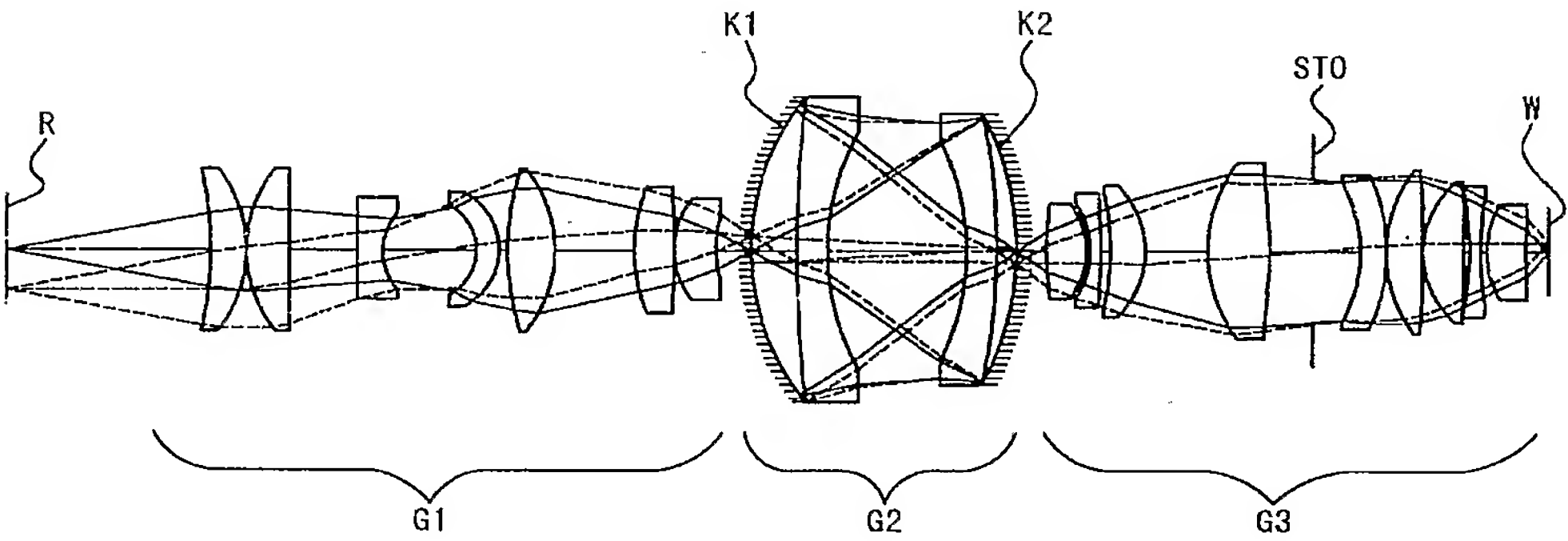


FIG. 24

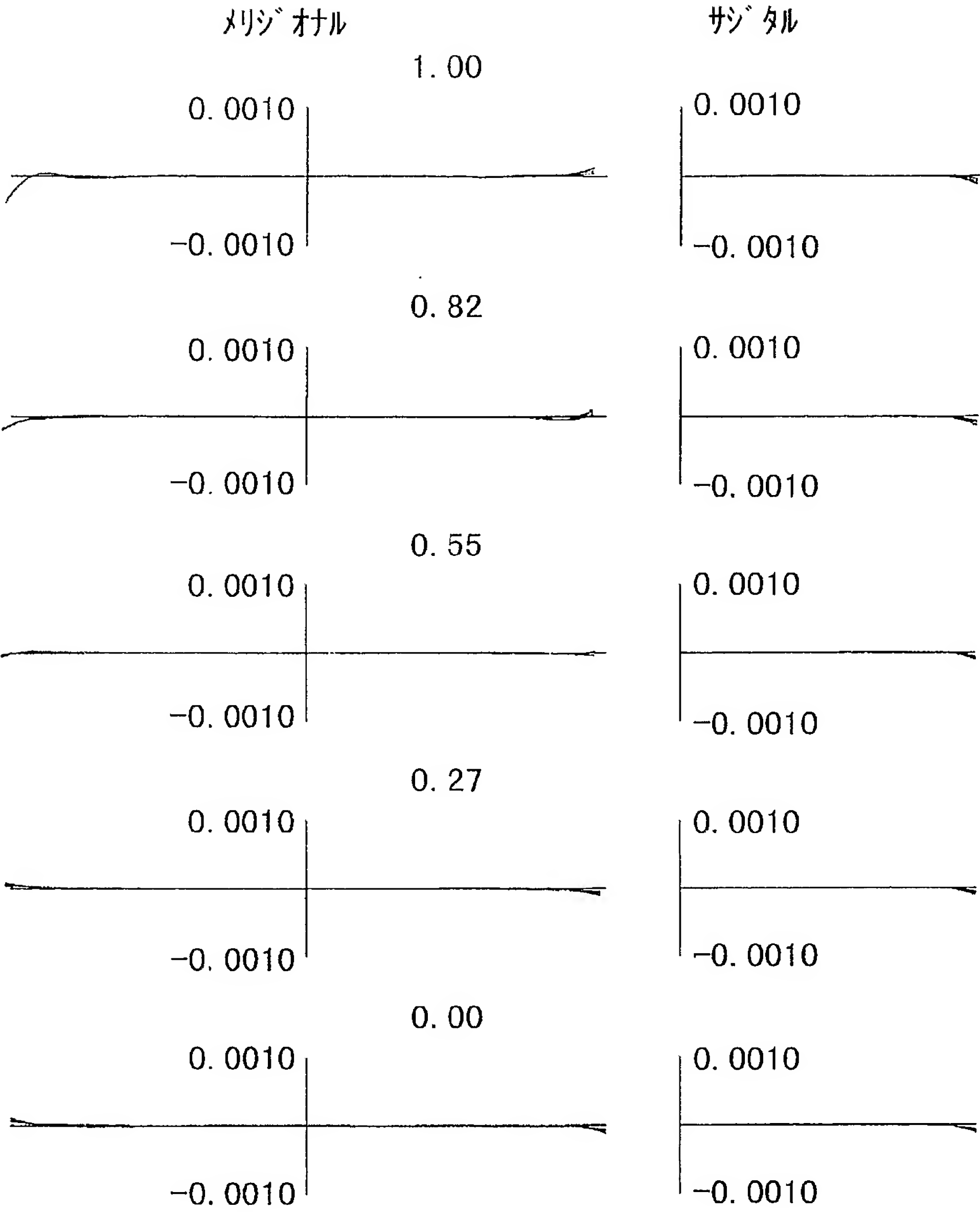


FIG. 25

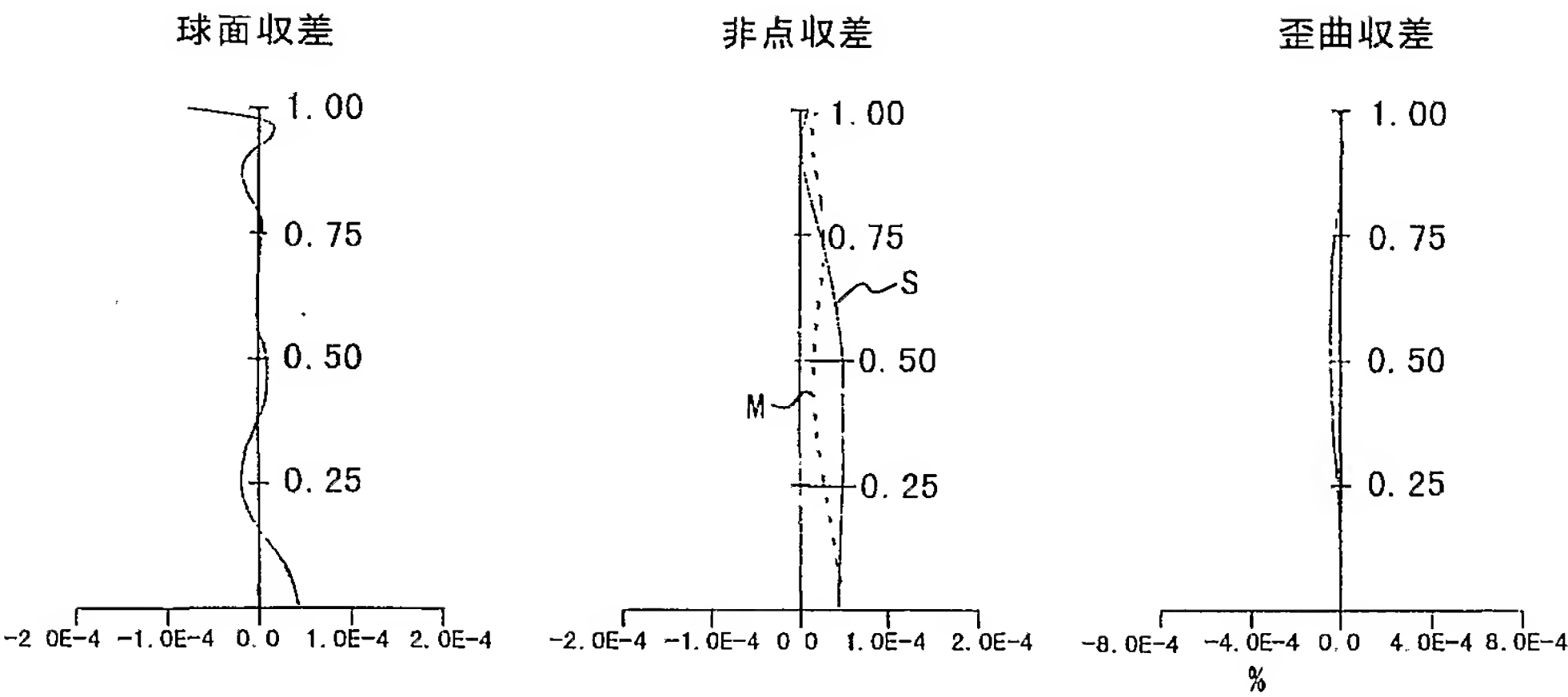


FIG. 26

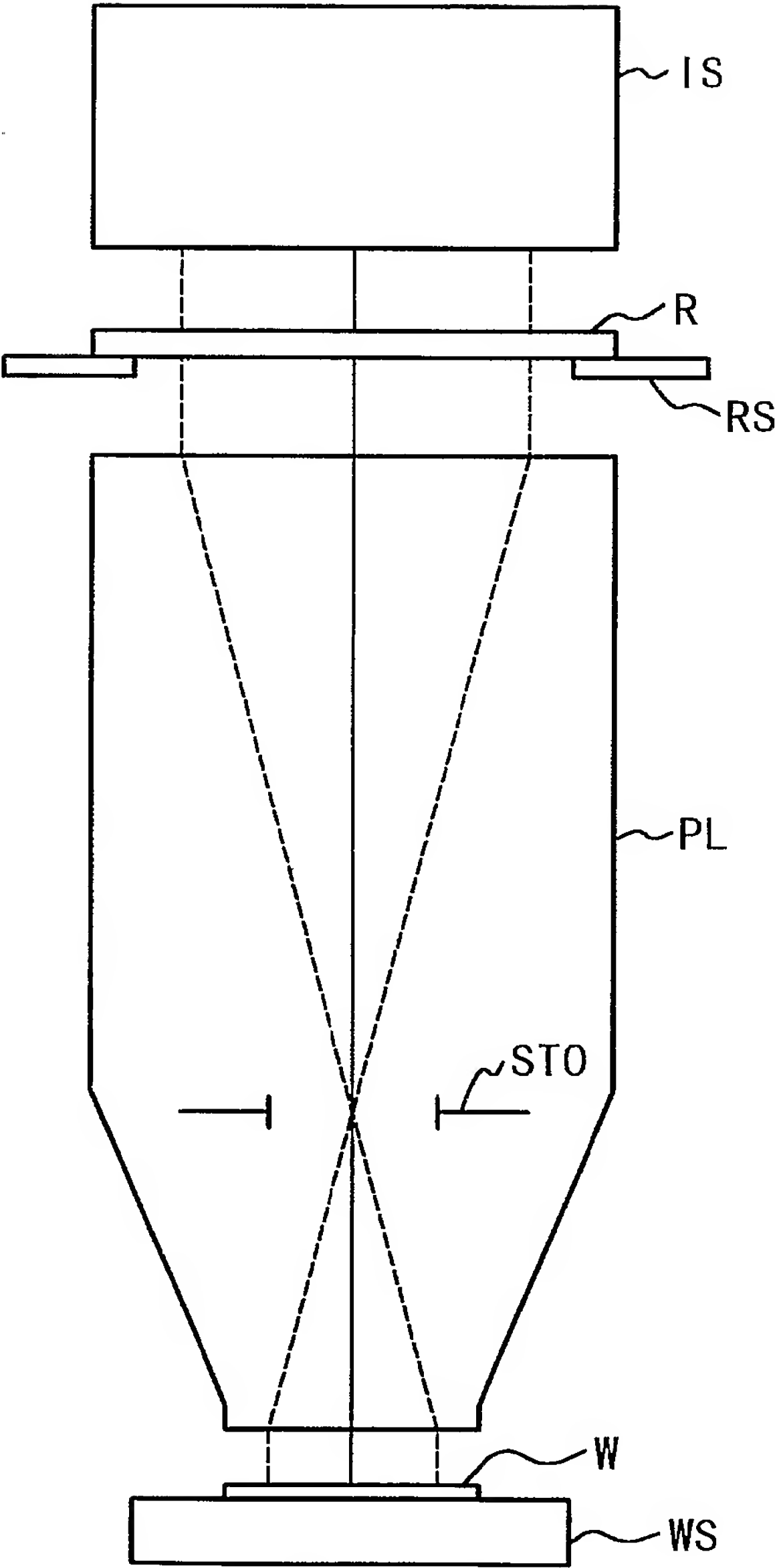
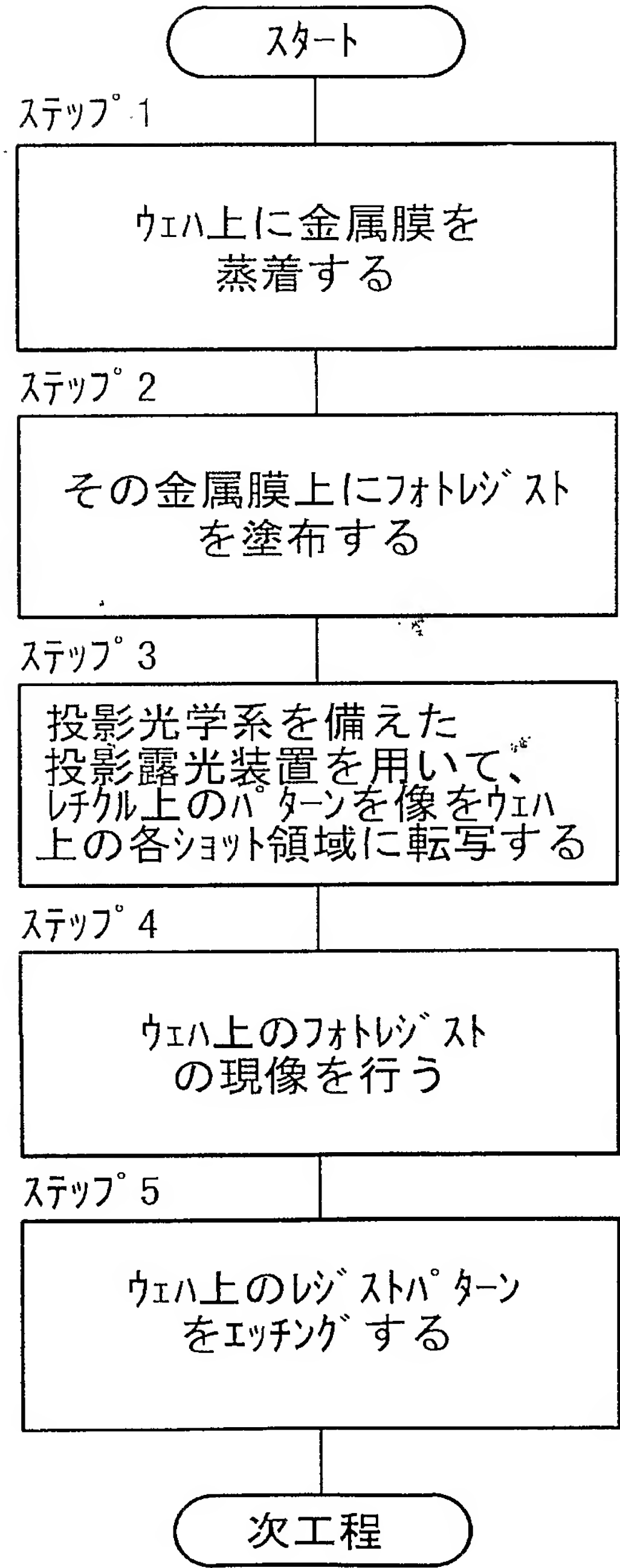


FIG. 27



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/00912

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ G02B17/08, H01L21/027

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ G02B17/08, H01L21/027

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 9-312254, A (Canon Inc.), 02 December, 1997 (02.12.97), Full text; all drawings (Family: none)	1
X	US, 5861997, A (Nikon Corporation), 19 January, 1999 (19.01.99), Full text; all drawings & JP, 8-62502, A Full text; all drawings	1

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 May, 2001 (17.05.01)

Date of mailing of the international search report
29 May, 2001 (29.05.01)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/00912

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

See extra sheet.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
Claim 1

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/00912

Continuation of Box No.II of continuation of first sheet(1)

The invention of claim 1 relates to a reflection/refraction optical system having, in the order from a first plane toward a second plane, a first image-forming optical system composed of a refracting lens, a second image-forming optical system composed of at least one concave lens and two reflecting mirrors, and a third image-forming optical system composed of a refracting lens, wherein the first image-forming optical system forms a first intermediate image of the first plane, the second image-forming optical system forms a second intermediate image by re-forming the first intermediate image, and the third image-forming optical system re-forms the second intermediate image on the second plane.

However, such a reflection/refraction optical system is well known, as disclosed in the cited documents JP, 9-312254, A (Cannon Inc.) December 2, 1997 (02. 12. 97) and JP, 8-625202, A (Nikon Corp.) March 8, 1996 (08. 03. 96). Therefore the common technical matter of the invention of claim 1 does not appear to be novel with respect to the prior art and is not considered to be a special technical feature.

Therefore, there is no common technical matter considered to be a special technical feature in the sense of the second sentence of PCT Rule 13.2 among the groups of inventions of the claims directly referring claim 1, and these groups of inventions are not so linked as to form a single general inventive concept.

Hence, these groups of inventions do not comply with the requirement of unity of invention.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B17/08, H01L21/027

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B17/08, H01L21/027

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1926-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2001年
日本国登録実用新案公報	1994-2001年
日本国実用新案登録公報	1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP, 9-312254, A (キャノン株式会社) 2. 12月. 1997 (2. 12. 97) 全文、全図 (ファミリーなし)	1
X	US, 5861997, A (Nikon Corporation) 19. 1月. 1999 (19. 01. 99) 全文、全図 & JP, 8-62502, A, 全文、全図	1

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17. 05. 01

国際調査報告の発送日

29.05.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

森内 正明



2V

9222

電話番号 03-3581-1101 内線 3269

第 I 欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第 1 ページの 2 の続き)

法第 8 条第 3 項 (PCT 17 条 (2) (a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であって PCT 規則 6.4 (a) の第 2 文及び第 3 文の規定に従って記載されていない。

第 II 欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第 1 ページの 3 の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

特別ページの第 I I 欄の続きを参照

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。
請求の範囲 1

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

第 I I 欄の続き

請求の範囲 1 は、第 1 面より第 2 面側へ順に、屈折レンズからなる第 1 結像光学系と、少なくとも 1 つの凹レンズと 2 つの反射鏡とを有する第 2 結像光学系と、屈折レンズからなる第 3 結像光学系と、を含む反射屈折光学系であって、前記第 1 結像光学系は、前記第 1 面の第 1 中間像を形成し、前記第 2 結像光学系は、前記第 1 中間像を再結像することで第 2 中間像を形成し、前記第 3 結像光学系は、前記第 2 中間像を第 2 面上へ再結像する反射屈折光学系の発明である。

しかしながら、前記反射屈折光学系は、例えば JP, 9-312254, A (キヤノン株式会社) 2. 12 月. 1997 (02. 12. 97)、JP, 8-62502, A (株式会社ニコン) 8. 3 月. 1996 (08. 03. 96) にも記載されているように従来から知られた技術であり、請求の範囲 1 に規定している事項は従来技術に対して新規なものとして特別の技術的特徴と考えられる共通事項であるとはいえない。

したがって、請求の範囲 1 を直接引用している請求の範囲の群同士においては、PCT 規則 13. 2 の第 2 文の意味において特別の技術的特徴と考えられる共通事項は存在してなく、前記発明の群同士は、単一の一般的発明概念を形成する連関している一群の発明であるとはいえない。

したがって、前記発明の群同士は、単一性を満足する関係であるとはいえない。